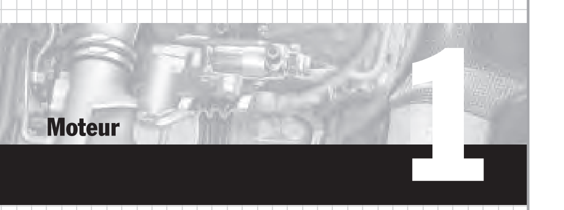
1 Moteur thermique



Généralités

Les nouveaux modèles Cayenne mettent en œuvre une génération de moteurs perfectionnés issus des moteurs éprouvés des modèles précédents : le moteur atmosphérique V6 de 3,6 l avec une puissance accrue pour le Cayenne, le V6 turbo-diesel de 3,0 l à couple élevé pour le Cayenne Diesel et le moteur V8 de 4,8 l pour les Cayenne S et Cayenne Turbo. Pour le nouveau Cayenne S Hybrid doté de la propulsion hybride intégrale parallèle innovante et le Cayenne V6 en Chine, Porsche propose pour la première fois un moteur V6 de 3,0 l avec suralimentation par compresseur.





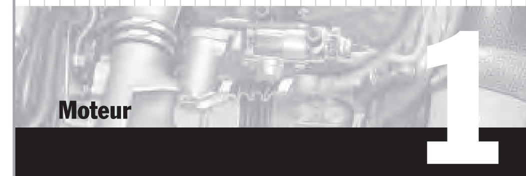
La nouvelle génération de moteurs présente les caractéristiques suivantes :

	Cayenne	Cayenne Diesel	Cayenne S	**Cayenne S Hybrid** (uniquement moteur thermique), **Cayenne V6 Chine**	Cayenne Turbo
Nombre de cylindres	6	6	8	6	8
Conception	Moteur en V				
Angle des bancs de cylindres	15°	90°			
Soupapes/Cylindre	4				
Ordre d'allumage	1-5-3-6-2-4	1-4-3-6-2-5	1-3-7-2-6-5-8	1-4-3-6-2-5	1-3-7-2-6-5-8
Injection	Injection directe				
Distribution	Arbres à cames d'admission et d'échappement	-	VarioCam Plus	Arbres à cames d'admission	VarioCam Plus
Cylindrée [cm³]	3 598	2 967	4 806	2 995	4 806
Alésage x course [mm]	89 x 96,4	83 x 91,4	96 x 83	84,5 x 89	96 x 83
Rapport volumétrique	11,7:1	16,8:1	12,5:1	10,5:1	10,5:1
Puissance (DIN) au régime de 1/min	220 kW/300 ch 6 300	176 kW/240 ch 2 000 – 2 250	294 kW/400 ch 6 500	245 kW/333 ch 5 500 – 6 500	368 kW/500 ch 6 000
Couple maxi au régime de 1/min	400 Nm 3 000	550 Nm 4 000 – 4 400	500 Nm 3 500	440 Nm 2 500 – 5 000	700 Nm 2 250 – 4 500
Suralimentation	-	1 turbocompresseur	-	Compresseur	2 turbocompresseurs

En augmentant l'efficacité et en utilisant une technologie moteur de pointe, il a été possible, sur tous les moteurs, de réduire considérablement les consommations par rapport aux modèles précédents. Avec une réduction de consommation pouvant atteindre 23 % selon les modèles, les émissions de CO_2 ont également pu être nettement réduites. Tous les seuils d'émission exigés dans le monde entier sont respectés.

Consommation du Cayenne S Hybrid

Type de carburant	Consommation (l/100)	Émissions de CO_2 (g/km)
Super	Cycle extra-urbain : Boîte automatique 7,9	Boîte automatique 193
	Cycle urbain : Boîte automatique 8,7	
	cycle mixte : Boîte automatique 8,2	



Description technique

Le Cayenne S Hybrid est équipé du **nouveau moteur V6 de 3,0 l à compresseur avec injection directe** qui, associé à une E-Machine, assure un haut rendement en motorisation hybride. En plus d'assurer les caractéristiques routières propres aux véhicules Porsche, avec des performances dignes d'un V8, l'objectif de développement était de d'atteindre des niveaux faibles de consommation et de rejet de CO_2 et de répondre à toutes les normes internationales en matière d'émissions.

C'est la première fois que Porsche met en œuvre pour ce faire un moteur V6 à suralimentation par compresseur. Ce dernier offre une puissance de **333 ch (245 kW)** entre 5 500 1/min et 6 500 1/min et développe un couple maximal de **440 Nm** entre 3 000 1/min et 5 250 1/min.



En **Chine**, les véhicules d'une cylindrée > 3,0 l sont beaucoup taxés que les véhicules d'une cylindrée < 3,0 l. C'est pourquoi, à partir de l'année-modèle B (2011), le Cayenne sera proposé en Chine avec un moteur V6 de 3,0 l à compresseur à la place du moteur atmosphérique V6 de 3,6 l.

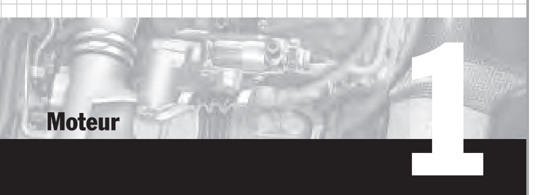
Cayenne S Hybrid 3,0 TFSI	
Distance entre les cylindres en mm	90
Banc de cylindres, décalage en mm	18,5
Diamètre des paliers de vilebrequin en mm	65
Diamètre des paliers de bielle en mm	56
Longueur de bielle en mm	153
Hauteur du bloc en mm	228

Caractérisation

Les principales caractéristiques du nouveau moteur V6 de 3,0 l à compresseur sont les suivantes :

- Cylindrée de 2 995 cm³
- Culasse en aluminium
- Bloc-moteur en aluminium plein
- Technologie 4 soupapes
- Calage variable en continu des arbres à cames
- Angle des bancs de cylindres de 90°
- Lubrification à carter humide
- Suralimentation par compresseur
- Refroidissement de l'air de suralimentation
- Mesures pour réduire la consommation côté admission

Le moteur est un moteur à essence 6 cylindres, 24 soupapes, avec un angle des bancs de cylindres de 90 degrés et 2 arbres à cames par rangée de cylindres. Le moteur V6 de 3,0 l comprend notamment un bloc-moteur en aluminium, une culasse en aluminium ainsi que d'autres technologies moteur modernes telles qu'un module de gestion thermique ou une pompe à huile régulée.

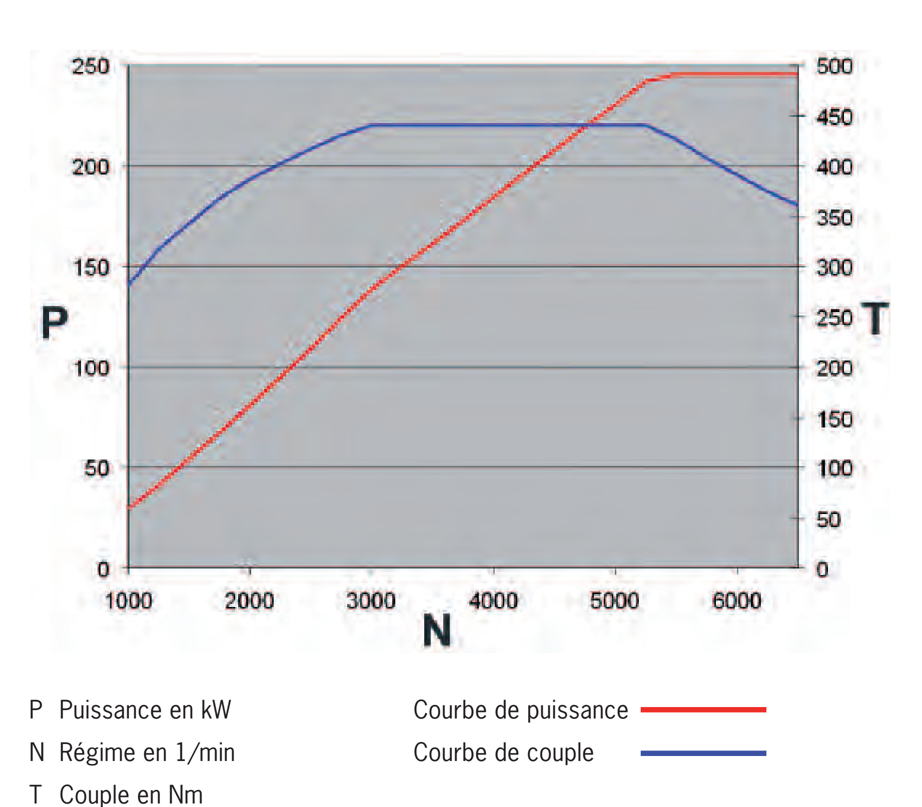


La lubrification employée est une lubrification à carter humide. Ce système de lubrification a été étudié de façon à garantir au moteur un fonctionnement parfait en conditions de route comme en tout-terrain, par exemple dans des montées ou des descentes abruptes.
Contrairement aux moteurs suralimentés utilisés jusqu'à présent sur les modèles Porsche, la suralimentation du nouvel moteur est assurée par un compresseur avec refroidissement de l'air. La suralimentation par compresseur avec refroidissement de l'air offre des avantages particuliers pour l'usage spécifique dans un SUV et pour les caractéristiques de l'hybride intégral parallèle. Comme le compresseur dispose d'une liaison mécanique permanente avec l'entraînement du vilebrequin, la pression de suralimentation est disponible immédiatement et le débit d'air massique augmente continuellement avec le régime du moteur thermique. En raison de son positionnement à proximité immédiate du V intérieur du moteur, l'air aspiré et comprimé ne doit parcourir que peu de distance jusqu'aux cylindres, de sorte que le moteur à compresseur se caractérise par une réactivité spontanée. Cela est particulièrement appréciable aux bas régimes et en cycle urbain, le Cayenne S Hybrid pouvant démontrer tous ses avantages en termes de consommation par la conduite tout électrique, la fonction Stop-Start et la récupération de l'énergie au freinage. Cela représente également un avantage pour la dépollution des gaz d'échappement car le catalyseur atteint plus rapidement sa température de service optimale.

Le Cayenne S Hybrid utilise comme compresseur une **soufflante Roots** avec refroidissement de l'air et un clapet bypass positionné dans le V intérieur du moteur de façon à gagner de la place et à assurer une meilleure réactivité. Une commande par courroie séparée entraîne 2 arbres parallèles reliés par un étage d'engrenages dans le carter du compresseur. Cet étage d'engrenages permet aux deux arbres de tourner en sens opposé, mais de façon parfaitement synchrone. Les deux arbres accueillent des rotors qui assurent l'étanchéité de tous les côtés, c'est-à-dire par rapport aux aubes de l'autre arbre et par rapport au carter du compresseur. La rotation en sens inverse des deux arbres amène la masse d'air sans compression entre les rotors depuis l'entrée d'air dans le compresseur jusqu'à la sortie d'air. Les rotors sont munis de 4 ailettes et sont vrillés selon un ange de 160 degrés au total autour de l'axe longitudinal. Cela permet d'obtenir une circulation d'air continue. La compression est réalisée en faisant pénétrer l'air dans la masse d'air stockée en amont des soupapes d'admission. Pour améliorer l'effet de suralimentation, le compresseur est doté d'un **échangeur air-air** par banc de cylindres avec un circuit de refroidissement basse température.

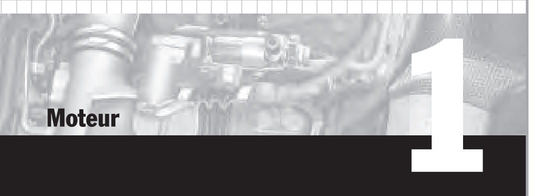


Comme tous les états de fonctionnement ne nécessitent pas d'air de suralimentation et que l'établissement en continu de la pression de suralimentation entraînerait une trop grande accumulation d'air et donc une perte de puissance, le compresseur comporte une **régulation de pression de suralimentation** intégrée. Au lieu d'avoir une régulation complexe de la pression de suralimentation via un embrayage électromagnétique permettant de coupler et de découpler le compresseur, on utilise un clapet bypass. Lorsque la pression de suralimentation prescrite ou maximale est atteinte, une partie de l'air peut être ramenée au côté aspiration en ouvrant le clapet bypass.



P Puissance en kW
N Régime en 1/min
T Couple en Nm

Courbe de puissance
Courbe de couple

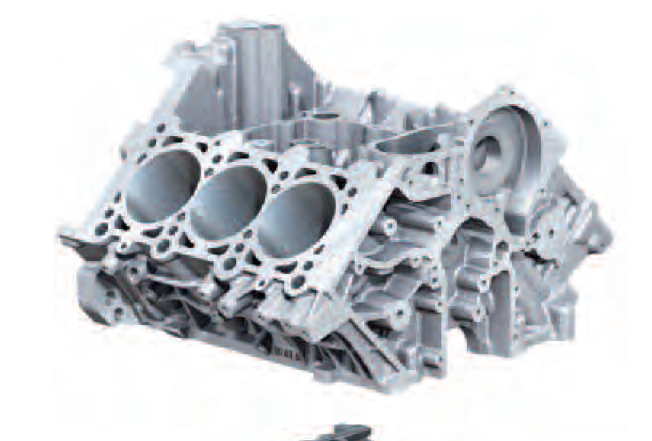


Embiellage

Bloc-cylindres

Comme le bloc-cylindres est fortement sollicité au niveau des sièges de palier par la pression de combustion, il est soumis à un traitement thermique spécial lors de sa fabrication. Les vis de palier de vilebrequin présentent en outre une classe de résistance élevée.

Bloc-cylindres



Partie inférieure du carter-cylindres (bedplate)

Partie supérieure du carter d'huile

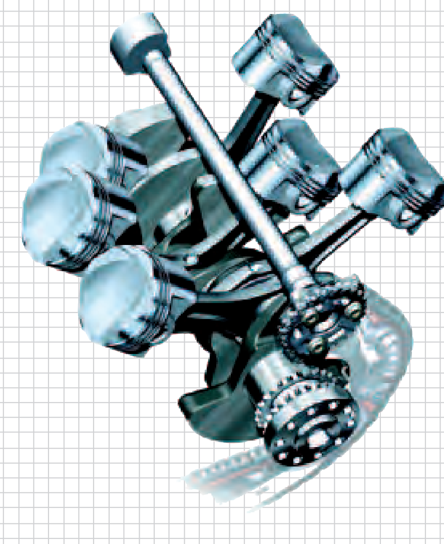
Partie inférieure du carter d'huile





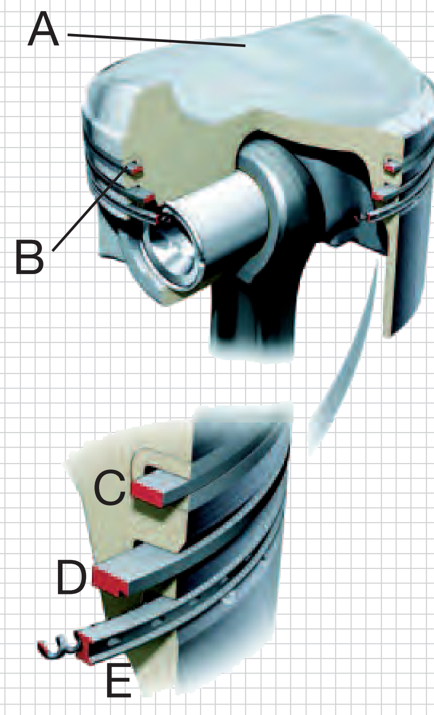
Vilebrequin

Le vilebrequin est dimensionné pour une course de 89 mm. Il est conçu avec des goupilles fendues. Les bielles craquées ont une longueur de 153 mm et sont optimisées en termes de résistance. Tous les coussinets sont constitués de 3 matériaux sans plomb.

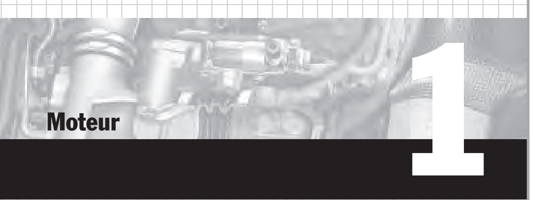


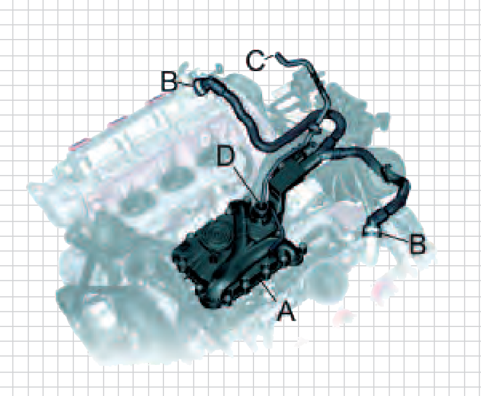
Pistons

Les pistons sont conçus comme des pistons à support annulaire pour un rapport volumétrique de 10,5 : 1. Les jupes de piston sont revêtues d'une couche de Ferrostan résistante à l'usure. Une combinaison appropriée de segments de piston assure des débits de gaz de Blow-by et une consommation d'huile faibles à haute puissance tout en garantissant des frottements et une usure minimum.



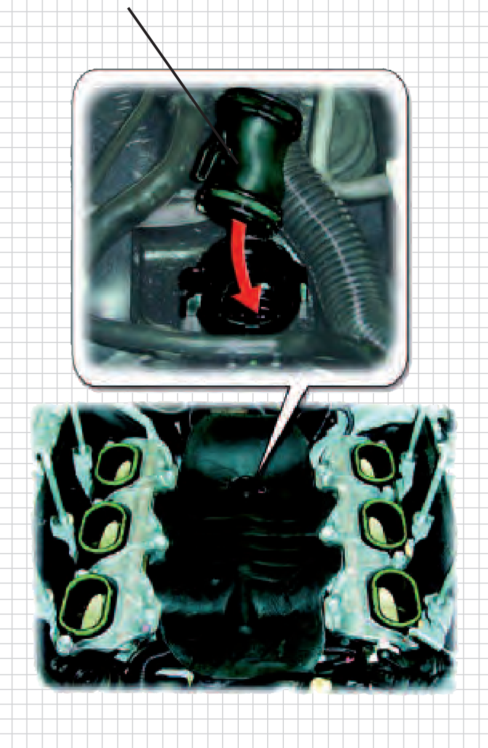
A Piston coulé
B Support annulaire
C Segment asymétrique bombé en acier de 1,2 mm
D Segment à face conique et talon de 1,5 mm
E Segment racleur d'huile de 2,0 mm (en deux pièces)





A Module séparateur d'huile
B Raccord couvre-culasse (avec séparateur d'huile à labyrinthe intégré)
C Conduite en PVC avec clapet anti-retour
D Raccord vers le module de suralimentation

Élément



Dégazage du carter moteur

Le dégazage du carter moteur est un dégazage de tête dans lequel les gaz de Blow-by sont dirigés vers les chapeaux de soupapes. Ces derniers comportent un labyrinthe pour une première séparation grossière. Les gaz sont ensuite amenés via des flexibles en plastique jusqu'au V intérieur du moteur où se trouve le module séparateur d’huile. Les conduits de liquide de refroidissement sont intégrés dans le module séparateur d’huile. Ce dernier forme donc le couvercle du bloc-moteur. Les gaz sont dépollués dans deux cyclones fonctionnant en parallèle. Si le débit de gaz est trop élevé, un clapet bypass s'ouvre pour éviter qu'une pression trop importante ne s'établisse dans le carter moteur. Une fois dépollués, les gaz sont ramenés directement dans le module de suralimentation via le raccord correspondant.

L'huile est récupérée dans la partie inférieure du séparateur d'huile, dans un compartiment collecteur. Tant que le moteur tourne, ce collecteur est fermé par un purgeur d'huile. Le purgeur d'huile est pressé contre le siège d'étanchéité par la pression régnant dans le carter moteur. Le collecteur est suffisamment grand pour accueillir toute l'huile pouvant être récupérée lors du fonctionnement du moteur sur un réservoir plein. Un autre purgeur se trouve sous le régulateur de pression. Il permet d'évacuer des vapeurs de carburant condensées ou de l'eau.

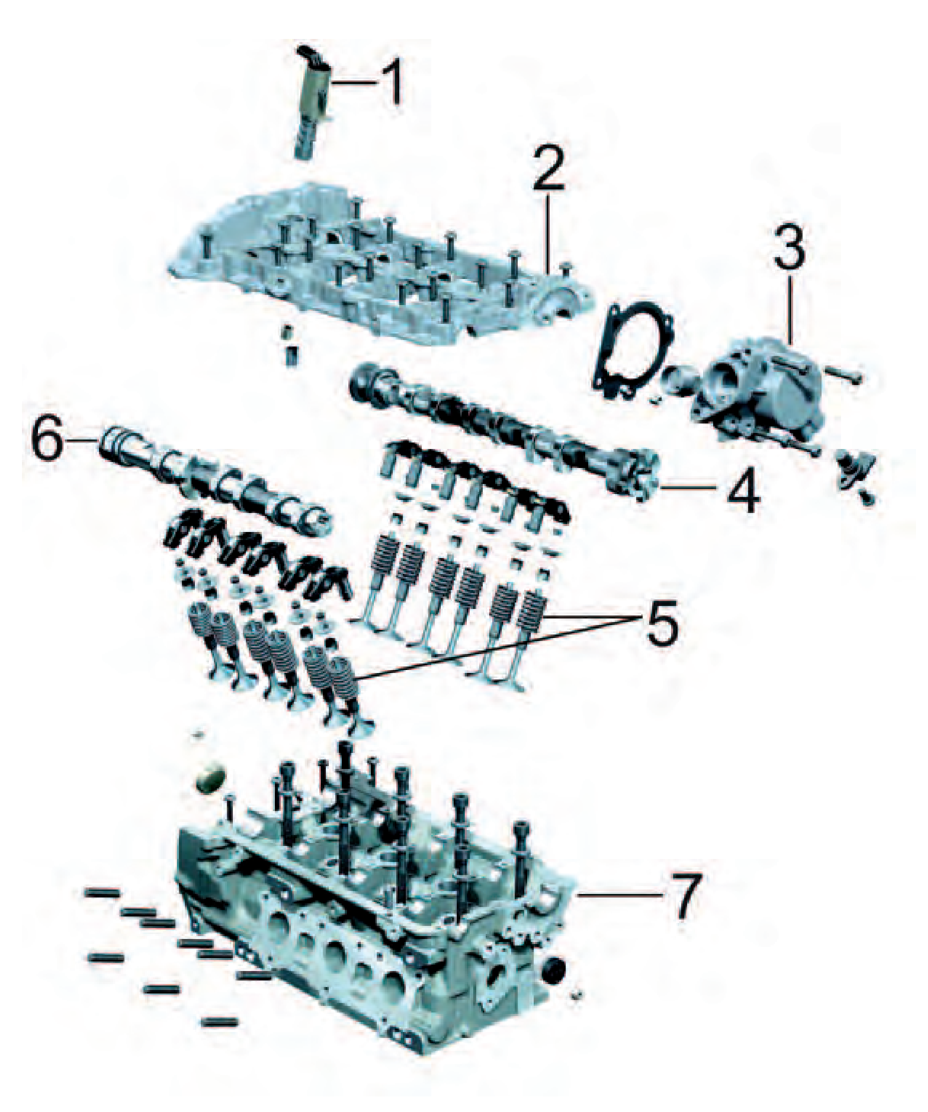
Raccordement au module de suralimentation

Les gaz de Blow-by sont introduits par le bas dans le module de suralimentation. Un élément intermédiaire assure l'étanchéité de la conduite d'arrivée contre le module de suralimentation. L'ouverture du module de suralimentation est conique de façon à simplifier l'introduction de l'élément intermédiaire. L'élément intermédiaire est doté d'un ergot pour garantir, lors du montage, son bon positionnement à la sortie du système de dégazage du carter moteur.

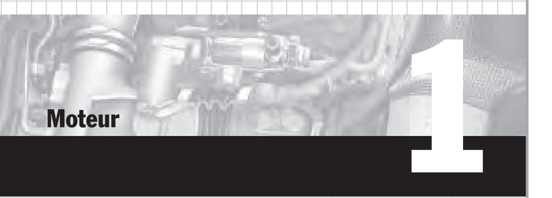
Culasse

Sur le moteur DFI 3,0 l, l'utilisation de la soufflante Roots rend inutiles la commande de levée des soupapes et le calage des arbres à cames d'échappement.

Les différents éléments de la culasse sont les suivants :



1 Électrovanne de commande des arbres à cames
2 Couvre-culasse
3 Pompe à carburant haute pression
4 Arbre à cames d'admission
5 Soupapes avec ressorts et culbuteur
6 Arbre à cames d'échappement
7 Carter de culasse

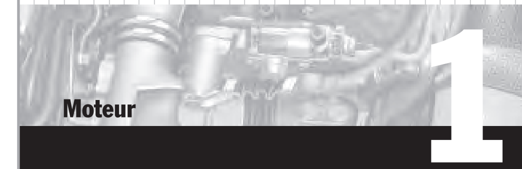


Commande par chaîne

Distribution avec pignons triovales

Pour ouvrir les soupapes d'un cylindre, un couple doit être appliqué.
Sur un moteur V6, les soupapes s'ouvrent trois fois par cycle pour chaque banc de cylindres et arbre à cames. À chaque ouverture de soupape, des forces accrues agissent ainsi sur la commande par chaîne. Ces forces peuvent engendrer des oscillations dans la distribution qui sont particulièrement perceptibles à haut régime.

A B C Chaîne à rouleaux
D Chaîne à douilles
E Entraînement d'arbre d'équilibrage
F Pignon triovale
G Pompe à huile à cellules semi-rotative



Caractéristiques techniques de la distribution avec pignons triovales

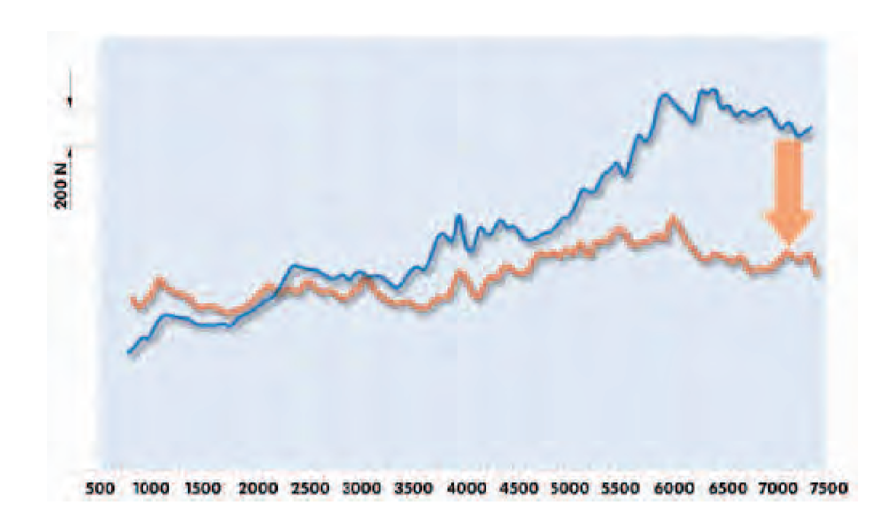
Sur le moteur du Cayenne S Hybrid, les arbres à cames sont entraînés par des pignons triovales.

Fonctionnement :

Les pignons triovales n'ont pas tout à fait une forme circulaire. Ils présentent en effet trois pointes. Comme le diamètre extérieur est plus important au niveau des pointes, le bras de levier effectif agissant sur les soupapes augmente. Les pointes (levier plus important) agissent à l'instant exact où une came doit ouvrir la soupape. L'agrandissement du bras de levier réduit les forces appliquées sur la chaîne. Cela agit en même temps contre les oscillations gênantes.

Avantages :

La diminution des forces appliquées sur la chaîne entraîne une diminution des frottements et donc de la consommation de carburant. En outre, cela permet d'utiliser des chaînes et tendeurs de chaîne moins chers, pour un fonctionnement identique. La diminution de l'oscillation des chaînes constitue un autre avantage. Cela permet d'obtenir une régularité de fonctionnement encore plus grande.



Diminution des forces sur les chaînes par des pignons triovales au-dessus du régime d'env. 35%. sans pignons triovales avec

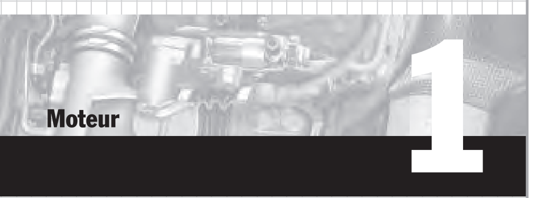
r1 > r2

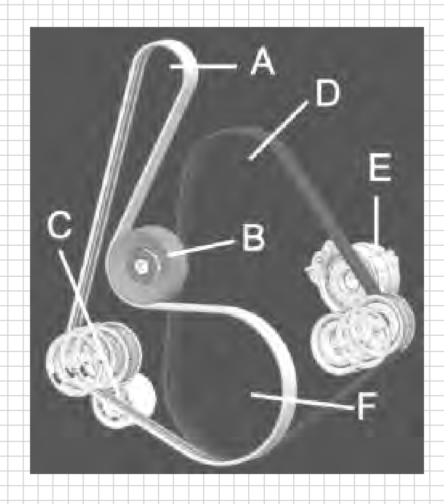
Pignon triovale

Rayon du cercle de tête en mm :

r1 = 46,86

r2 = 45,71





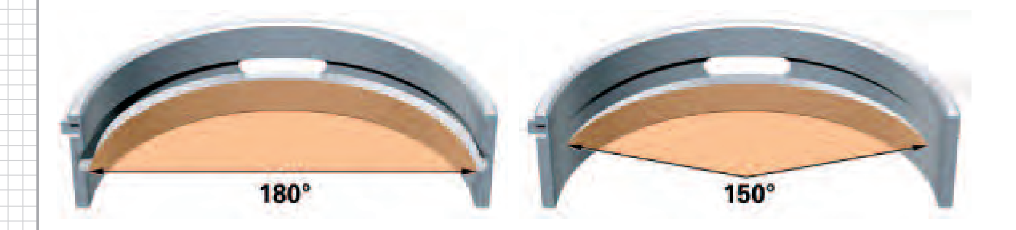
A Soufflante Roots
B Galet enrouleur
C Dispositif de serrage commande par courroie A
D Pompe à liquide de refroidissement
E Dispositif de serrage commande par courroie B
F Vilebrequin

Entraînement des accessoires moteur

Pour entraîner les accessoires, le moteur dispose de deux commandes par courroie indépendantes. Comme, sur le Cayenne S Hybrid, divers accessoires sont entraînés électriquement (compresseur de climatisation, direction assistée, etc.) et que l'alternateur est remplacé par l'E-Machine, il est possible de diminuer la tension des deux courroies d'entraînement. La commande A entraîne la courroie d'entraînement de la soufflante Roots via le pignon d'entraînement du vilebrequin, et la commande B la pompe à liquide de refroidissement.

Lubrification

Lors du développement du système de lubrification, l'objectif principal était de réduire encore les frottements internes au sein du moteur. Une série de mesures a alors été prise, par exemple au niveau de la distribution. Le débit d'huile a en outre pu être nettement réduit grâce à des optimisations dans le circuit d'huile.



Mesures d'optimisation :

- Modification du coussinet de palier de vilebrequin supérieur : l'angle de sa gorge en croissant est passé de 180° à 150°
- Déplacement de l'orifice d'arrivée d'huile dans les paliers d'arbre à cames
- Réduction de moitié du débit des gicleurs d'huile
- Réduction des fuites des variateurs d'arbres à cames avec les électrovannes de commande des arbres à cames
- La lubrification des variateurs pour le calage variable en continu des arbres à cames a été séparée de la lubrification de la culasse (paliers d'arbre à cames et éléments hydrauliques). Cela a permis de restreindre la pression d'huile dans la culasse tout en améliorant la liaison entre les électrovannes de commande des arbres à cames et le circuit de lubrification.

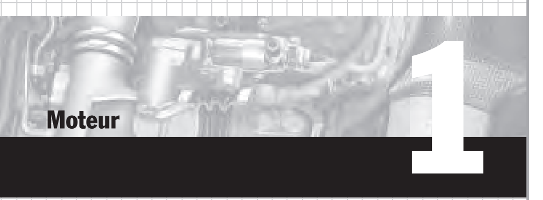




Structure du système d'alimentation en huile

Conduit d’huile brute

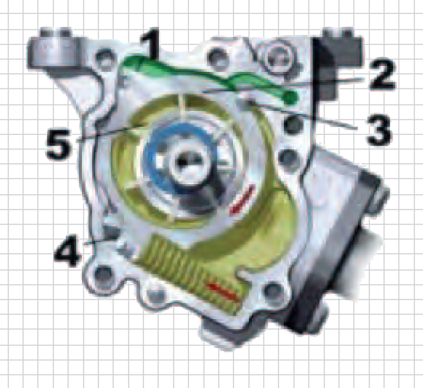
Conduit d’huile pure





Pompe à cellules semi-rotative avec débit faible

1 Surface de commande 1
2 Couronne de réglage
3 Arrêt de gaine
4 Ressort de commande
5 Surface de commande 2
6 Cellules
7 Espace de circulation
8 Pression d'huile sortant du conduit



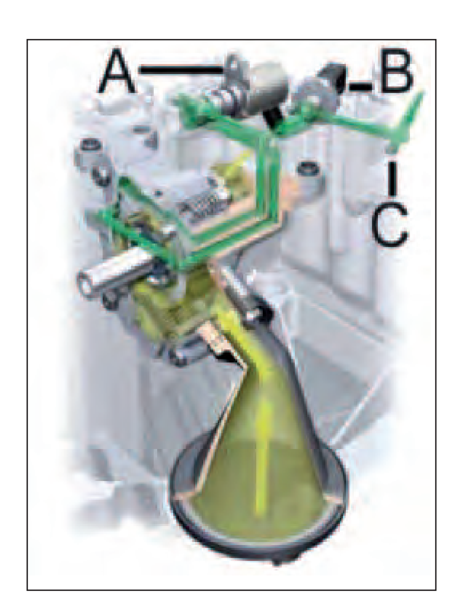
Pompe à cellules semi-rotative avec débit important

1 Surface de commande 1
2 Couronne de réglage, débit maxi
3 Arrêt de gaine
4 Surface de commande 2
5 Espace de circulation

Pompe à huile régulée par débit volumétrique

Débit faible

L'une des mesures permettant de réduire la puissance d'entraînement requise par la pompe à huile consiste à faire appel à une régulation par débit volumétrique. C'est pourquoi le moteur du Cayenne S Hybrid, tout comme le Cayenne Diesel, met en œuvre une pompe à cellules semi-rotative dont le débit peut être modifié au moyen d'une couronne de réglage rotative. Cette couronne de réglage peut être soumise à la pression d'huile via les surfaces de commande 1 + 5 et pivoter en opposition à la force du ressort de commande. Dans la plage de régime inférieure, l'électrovanne qui se trouve sous tension est mise à la masse par le calculateur moteur. Elle libère alors le conduit d'huile menant à la seconde surface de commande de la couronne de réglage. Les deux flux d'huile agissent alors à la même pression sur les deux surfaces de commande. Les forces en résultant sont supérieures à celle du ressort de commande et font donc pivoter la couronne de réglage en sens antihoraire. La couronne de réglage bascule vers le centre de la pompe à cellules semi-rotative et réduit ainsi l'espace de circulation entre les cellules. Le niveau de pression inférieur est activé en fonction de la charge du moteur, du régime moteur, de la température de l'huile ainsi que d'autres paramètres de service. La puissance d'entraînement de la pompe à huile s'en trouve alors réduite.



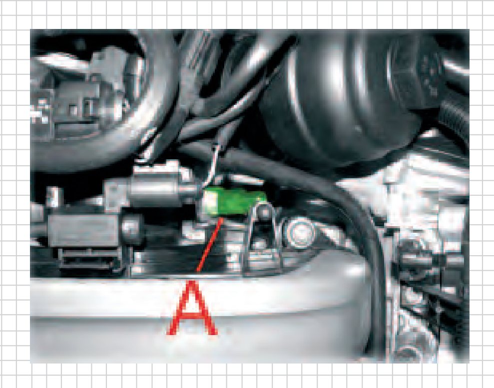


A Électrovanne
B Contacteur de pression d'huile
C Conduit d'huile du vilebrequin
Électrovanne **activée – débit** faible
Électrovanne hors **tension – débit** important



Débit important

À partir d'un régime de 2 500 1/min ou d'un couple de 300 Nm (accélération à pleine charge), le calculateur moteur coupe l'électrovanne de la masse. Le conduit d'huile menant à la surface de commande 2 est ainsi fermé. La pression d'huile existante agit désormais uniquement sur la surface de commande 1, ce qui oppose une force plus faible à celle du ressort de commande. Le ressort de commande fait alors basculer la couronne de réglage en sens horaire autour de l'arrêt de gaine. La couronne de réglage sort alors de sa position centrale et agrandit l'espace de circulation entre les cellules. En raison de l'agrandissement des espaces entre les cellules, la quantité d'huile transportée est plus importante. L'huile présentant ce débit volumétrique accru pénètre dans les orifices de passage d'huile et offre une résistance au jeu de coussinet du vilebrequin, cette résistance faisant augmenter la pression d'huile. C'est de cette manière que nous avons pu obtenir une pompe à huile à deux étages de pression régulée par débit volumétrique.



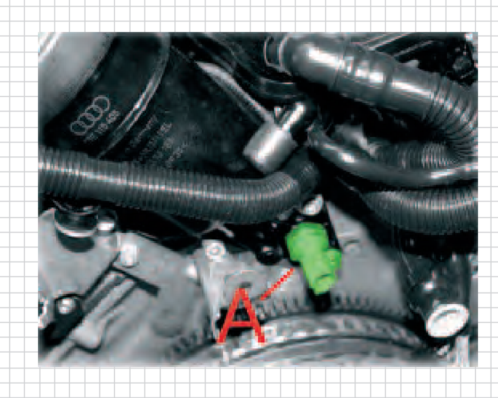
A Contacteur de pression d'huile pour pression d'huile réduite

Contrôle de la pression d'huile

La pression d'huile est surveillée au moyen de deux contacteurs de pression d'huile. Cette surveillance par deux contacteurs est nécessaire afin de contrôler le passage à la basse ou à la haute pression d'huile. Les contacteurs ne sont pas reliés au combiné d'instruments. C'est le calculateur moteur qui analyse les signaux des contacteurs de pression d'huile. S'il s'avère nécessaire d'allumer le témoin d'alerte dans le combiné d'instruments, un message est alors envoyé sur le bus de données CAN pour commander le témoin d'alerte correspondant du combiné d'instruments.

Contacteur de pression d'huile pour pression d'huile réduite

Le contacteur pour la pression d'huile réduite se ferme à une pression de 0,9 bar. En dessous de cette valeur, le contacteur s'ouvre et le calculateur moteur demande l'allumage du témoin d'alerte du combiné d'instruments via le bus CAN. Le contacteur de pression d'huile est situé dans le conduit d'huile principal, en amont du module de filtre à huile.



A Emplacement de montage du contacteur de pression d'huile

Contacteur de pression d'huile

Le contacteur de pression d'huile fonctionne dans une plage de pression supérieure au seuil de commutation de la soupape de régulation de pression d'huile. Il se ferme à une pression de 2,5 bars. Grâce au signal du contacteur de pression d'huile, le calculateur moteur sait lorsque la pression d'huile requise est établie par la pompe à huile. Le contacteur de pression d'huile se trouve dans le conduit de refoulement d'huile, en aval du filtre à huile dans le module de filtre à huile.



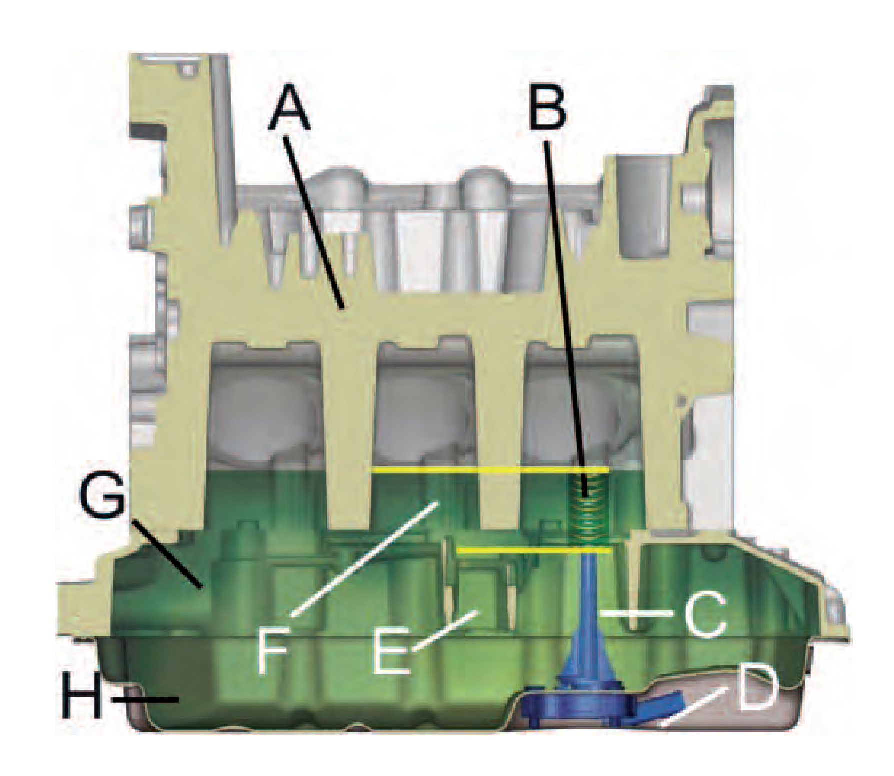
Indication du niveau d'huile

Pour l'affichage du niveau d'huile dans le combiné d'instruments, le moteur du Cayenne S Hybrid est doté d'un capteur de niveau d'huile fonctionnant selon le principe de mesure par ultrasons (PULS = Packaged Ultrasonic Level Sensor).

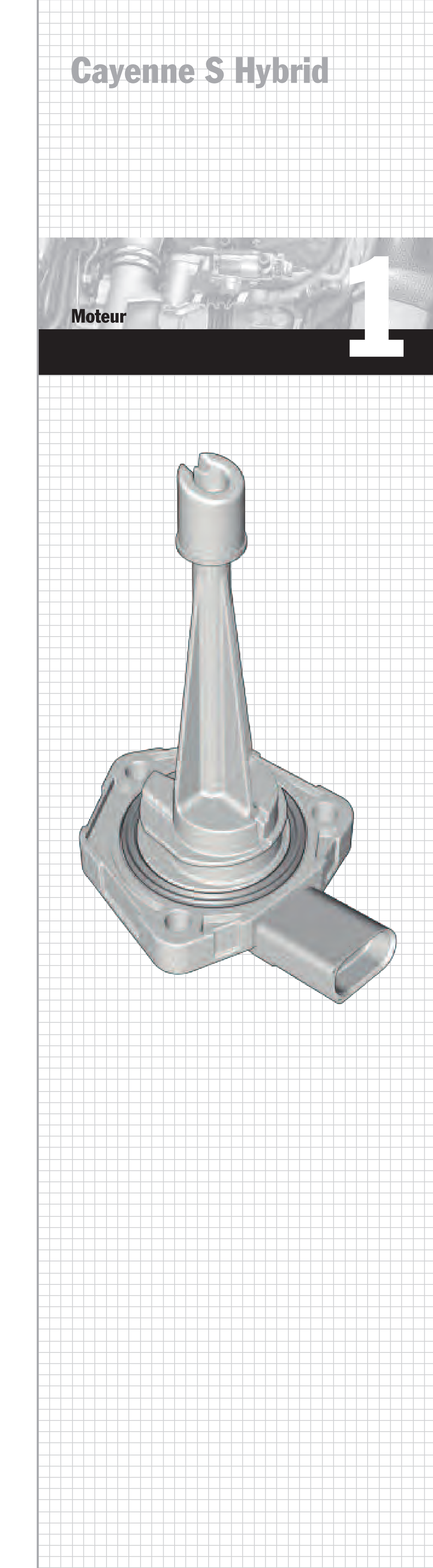
Principe de fonctionnement

Les impulsions d'ultrasons envoyées sont réfléchies par la limite entre l'huile et l'air. Le niveau d'huile est ensuite calculé à partir du laps de temps entre l'émission de l'impulsion et son retour en tenant compte de la vitesse du son.

Le capteur de niveau d'huile traite le signal mesuré via une électronique intégrée dans le boîtier du capteur. Le capteur émet un signal MLI (MLI = modulation de largeur d'impulsions).



A Bloc moteur
B Cylindre virtuel (20 mm ⌀)
C Capteur de niveau d'huile
D Point zéro du système
E Plage de mesure dynamique (15 à 75 mm)
F Plage de mesure statique (75 à 120 mm)
G Partie supérieure du carter d'huile
H Partie inférieure du carter d'huile



Avantages du capteur à ultrasons :

- Signal du capteur disponible très rapidement (après env. 100 ms)
- Faible consommation électrique < 0,5 A

L'analyse du signal du capteur de niveau d'huile s’effectue dans le calculateur moteur. Les valeurs ainsi calculées sont placées sur le bus CAN Transmission. Les signaux sont ensuite transmis aux systèmes de bus correspondants via l'interface de diagnostic pour bus de données (passerelle).

Le Cayenne S Hybrid affiche un niveau d'huile calculé de façon réaliste. C'est pourquoi la jauge d'huile a été supprimée. Désormais, le client peut uniquement contrôler le niveau d'huile via l'affichage du combiné d'instruments. Le tube où s'insère habituellement la jauge d'huile est tout de même installé. Les mécaniciens de l'atelier peuvent ainsi aspirer l'huile moteur, le cas échéant. Ce tube est obturé à l'aide d'un bouchon.

Calcul du niveau d'huile

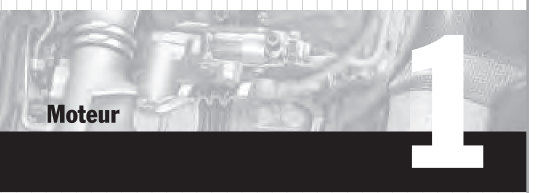
Il existe deux méthodes de mesure pour déterminer le niveau d'huile : la mesure dynamique et la mesure statique. La **mesure dynamique** est effectuée durant la conduite. Les facteurs importants dans cette mesure sont les suivants :

- Régime moteur
- Accélérations transversale et longitudinale fournies par le calculateur PSM
- Contact du capot moteur (le capot doit être fermé)
- Température du moteur (le moteur doit être à sa température de service)
- La distance parcourue depuis la dernière ouverture du capot moteur doit être > 50 km
- Il doit y avoir un nombre de valeurs mesurées minimum au cours de ce trajet

La mesure dynamique est la plus précise et celle qui est privilégiée. Elle ne peut toutefois pas être toujours utilisée.

La mesure est **interrompue** si :

- les valeurs d’accélération sont > 3 m/s^2,
- la température d'huile est > 140°C et
- si le contacteur du capot moteur a été actionné.



Pour qu'une mesure soit toujours possible dans de tels cas, on fait appel à **la mesure statique**. La mesure statique est effectuée lorsque :

- le contact est mis. Pour avoir un résultat de mesure aussi rapide que possible, la mesure est initiée dès l'ouverture de la portière conducteur,
- la température d'huile moteur est > 40°C,
- le régime moteur est < 100 1/min et
- le moteur est arrêté depuis plus de 60 s.

Les valeurs d'accélération fournies par le calculateur PSM sont également prises en compte afin de tenir compte d'une inclinaison éventuelle du véhicule. Le signal du frein de parking est aussi utilisé. Si le niveau mesuré est inférieur à la valeur mini, ce qui pourrait endommager le moteur, le système émet une alerte de niveau trop bas. Si le niveau mesuré est supérieur à la valeur maxi, ce qui pourrait endommager le moteur, le système émet une alerte de niveau trop haut.

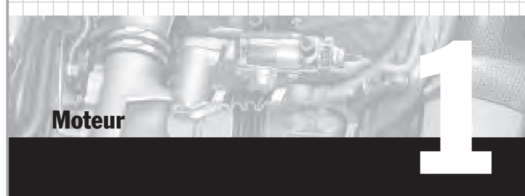
Exemple de la nécessité d'une mesure statique

Lors d'un appoint de carburant dans une station service, la capot moteur est ouvert afin d'ajouter du liquide lave-glace. Suite à l'actionnement du contacteur du capot moteur, le cycle de mesure dynamique est interrompu. Le signal du capteur de niveau d'huile est lu via le bus CAN. En raison de cette opération, le niveau d'huile ne serait ensuite indiqué qu'après avoir parcouru 50 km. Le client ne pourrait ainsi plus vérifier le niveau d'huile dans la station service. En outre, lorsque le véhicule est à l'atelier, le mécanicien doit également pouvoir vérifier le niveau d'huile.

Système de refroidissement

Outre le gain de poids significatif observé sur tous les nouveaux modèles Cayenne, en particulier au niveau de la carrosserie et du châssis, de nombreux détails et bien sûr l'emploi de la tout dernière technologie moteur ont permet d'obtenir une faible consommation de carburant. Ces objectifs ont en grande partie pu être atteints grâce au module de gestion thermique.

Le présent chapitre consacré au moteur du Cayenne S Hybrid aborde le module de gestion thermique de façon plus détaillée, uniquement cependant du point de vue du circuit de refroidissement et des différentes phases de mise en température. La commande des pompes électriques et des thermostats utilisés est traitée dans le chapitre « Gestion moteur ».



Module de gestion thermique

Tous les moteurs Cayenne répondent aux fortes exigences que l'on attend d'un moteur Porsche, quelles que soient les conditions de fonctionnement et ce, même dans les pays chauds. Qu'importe que vous rouliez sur route, en tout-terrain, ou en accélération. Le système de refroidissement du Cayenne S Hybrid est configuré en conséquence. Le système de refroidissement garantit que le moteur fonctionne à la bonne température de service pour des performances optimales et durables. Cela apporte d'autres avantages en termes de consommation et d'émissions, tous les composants parvenant plus rapidement à la température de service optimale. Le Cayenne S Hybrid est équipé d'un module de gestion thermique destiné au moteur, à la boîte Tiptronic S et aux composants du système hybride (E-Machine et électronique de puissance).



Lors du remplissage et de la purge du circuit de refroidissement, suivre les instructions du Manuel de réparation.

Stratégie de mise en température du module de gestion thermique sur le Cayenne S Hybrid

Objectif

- Réchauffement rapide de tous les fluides ayant un effet sur les frottements (huiles, mise en œuvre avec le liquide de refroidissement présent, par exemple)
- Gestion de la chaleur (en se focalisant sur la consommation, le confort, etc.)
- Isolement de masses inertes en termes de chaleur dans le circuit
- Augmentation du confort de chauffage

Processus de mise en température

- Montée en température du moteur
- Montée en température de l'habitacle si besoin est (prioritaire sur la montée en température de la boîte de vitesses)
- Montée en température de la boîte de vitesses
- Évacuation de la chaleur par le radiateur principal

Exigences particulières

- Hybride : le refroidissement de l'E-Machine et de l'électronique de puissance est assuré à tout instant

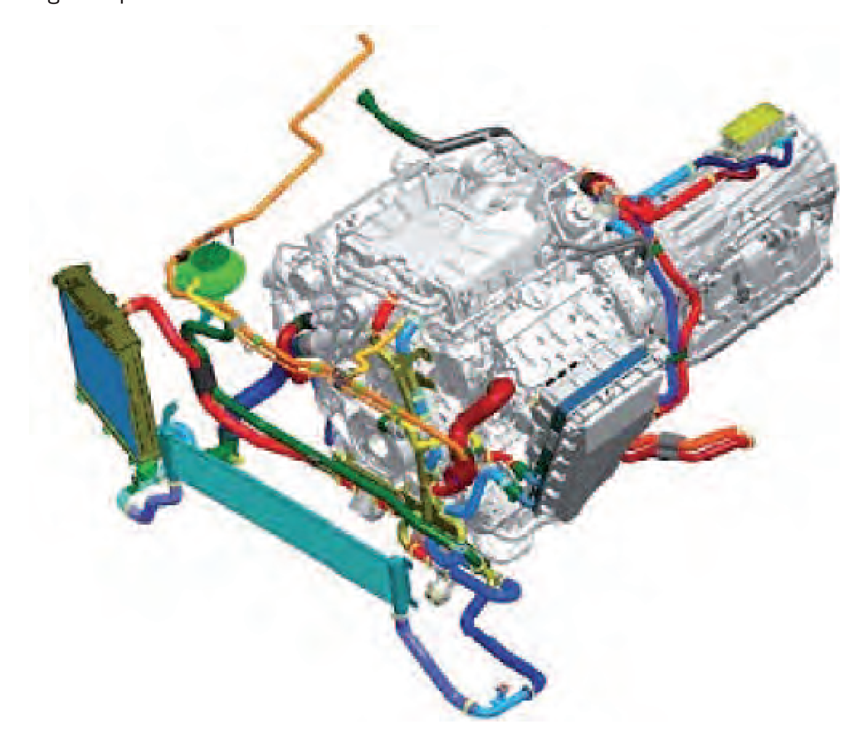
Le **module de gestion thermique** du Cayenne S Hybrid gère la répartition de chaleur entre plusieurs zones fondamentales : le **moteur thermique**, la **boîte de vitesses et l'habitacle** (circuit de refroidissement haute température). Outre le circuit de refroidissement haute température, il y a aussi un circuit de refroidissement basse température destiné au refroidissement des échangeurs air-air et de l'électronique de puissance du système hybride.



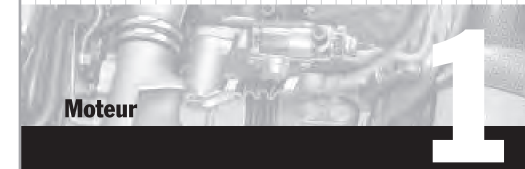
Le principal objectif est d'amener aussi vite que possible tous les composants à leur température de service optimale tout en garantissant le confort des passagers dans l'habitacle grâce à une rapide montée en température. Si la température extérieure est basse et en cas de démarrage à froid du moteur en particulier, il est nécessaire de gérer au mieux la faible quantité de chaleur disponible. L'exploitation efficace de la chaleur disponible contribue à économiser du carburant, à réduire les émissions de CO_2 et à respecter les réglementations strictes en matière d'émissions.

Circuit de refroidissement haute température

Le système de refroidissement rattaché à la gestion thermique comprend à cet effet 2 circuits utilisés en fonction de la température du liquide de refroidissement. Cela se fait via un thermostat. C'est ce thermostat qui permet de couper automatiquement le flux de liquide de refroidissement en fonction des besoins, en l'occurrence lorsque le moteur est froid (démarrage à froid). Ce dernier chauffe ainsi plus rapidement, ce qui réduit considérablement les frottements. Il en résulte les avantages déjà cités. La circulation du liquide de refroidissement dans le moteur (petit circuit) reprend au cours de la phase de chauffe, en fonction de l'élévation de température au sein du moteur. Le grand circuit est raccordé en fonction du point de fonctionnement du moteur, conformément à une cartographie consignée dans la gestion moteur. La régulation du thermostat permet de réguler la température du liquide de refroidissement en fonction de la charge, de manière à adapter et optimiser les caractéristiques de température dans le moteur pour le point de charge en question.



Vue d'ensemble du système avec les circuits haute et basse pression



Cette gestion thermique se traduit par une réduction de la consommation de carburant essentiellement due au raccourcissement de la phase de chauffe après un démarrage à froid. En outre, comme cela a déjà été dit, le Cayenne S Hybrid dispose également d'un module de gestion thermique pour la boîte de vitesses. Ici aussi, l'objectif est d'atteindre le plus rapidement possible la température de service optimale afin de minimiser les pertes par frottement. Pour cela, l'échangeur thermique du circuit de refroidissement de la nouvelle Tiptronic S à 8 rapports dispose d'une liaison avec le circuit de refroidissement du moteur. En cas de besoin, la chaleur du liquide de refroidissement du moteur, qui chauffe plus vite, peut être utilisée pour amener la boîte de vitesses à sa température de service.

Fonctionnement du module de gestion thermique :

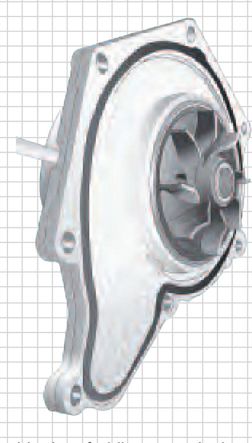
Lorsque le plateau de la pompe à eau principale est fermé, l'eau reste dans la culasse et le carter moteur. Ceci permet de réchauffer plus vite le moteur (eau stagnante).
L'ouverture du robinet d'isolement du chauffage et l'activation automatique de la pompe à eau supplémentaire permettent d'alimenter le chauffage en eau chaude.

Effets de la gestion thermique :

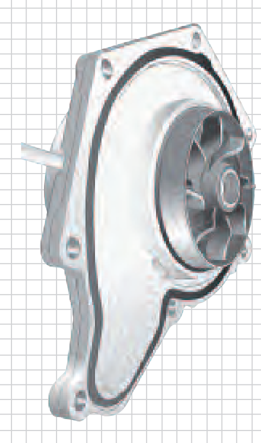
- Réduction de la puissance nécessaire au refroidissement lorsque le moteur tourne
- D'où un réchauffement rapide de l'huile de la boîte de vitesses et de l'huile moteur
- Réduction des frottements internes des composants du moteur et de la boîte de vitesses

Résultat :

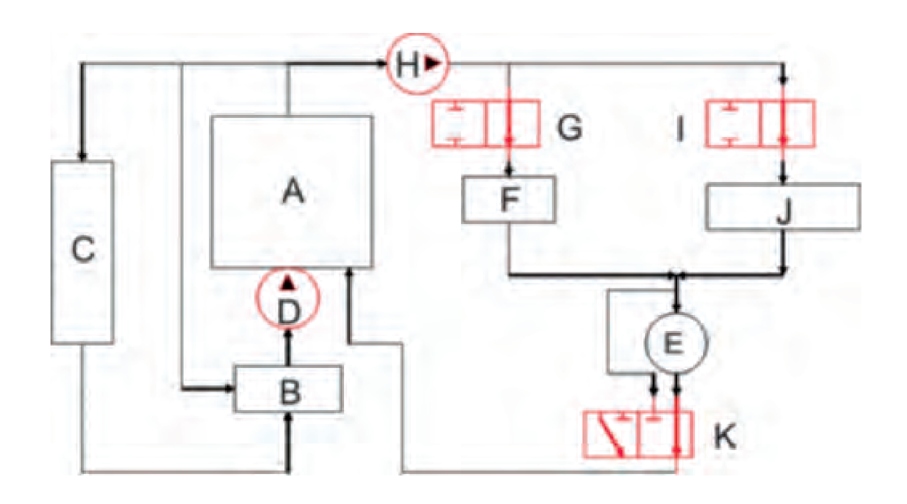
- Réduction de la consommation de carburant
- Réchauffement rapide de l'habitacle (avec priorité sur le réchauffement de l'huile moteur)
- Économie de carburant pouvant atteindre env. 1,5 %



Pompe à liquide de refroidissement à plateau, débit important



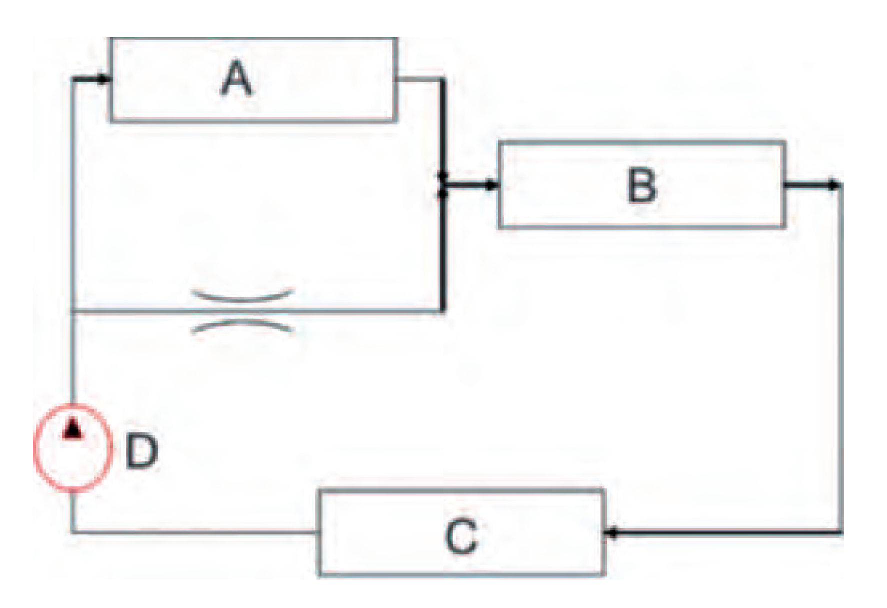
Pompe à liquide de refroidissement à plateau, pas de débit



Circuit de refroidissement haute température

A Moteur
B Thermostat
C Radiateur haute température
D Pompe à eau principale à plateau
E E-Machine
F Radiateur d'huile de boîte
G Robinet d'isolement de la boîte de vitesses
H Pompe à eau supplémentaire
I Robinet d'isolement de chauffage
J Échangeur thermique de chauffage
K Clapet bypass de l'E-Machine



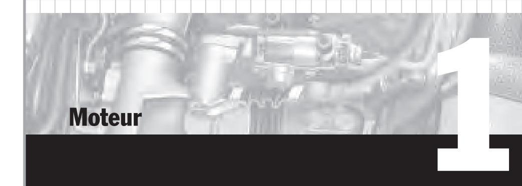


Circuit de refroidissement basse température

A Électronique de puissance
B Échangeur air-air
C Radiateur basse température (60° maxi)
D Pompe à eau supplémentaire

Le système de refroidissement rattaché à la gestion thermique comprend deux circuits régulés en fonction de la température du liquide de refroidissement. Sur le Cayenne S Hybrid, il est fait appel à un thermostat électrique désactivable à régulation cartographique. La circulation du liquide de refroidissement dans le moteur (petit circuit) reprend au cours de la phase de chauffe, en fonction de l'élévation de température au sein du moteur.

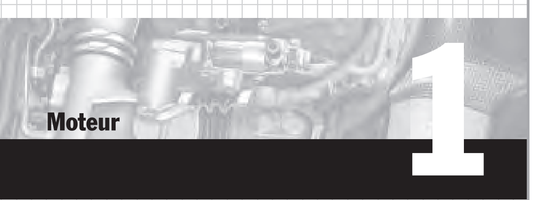
Le radiateur s'ouvre (grand circuit) en fonction du point de fonctionnement du moteur, conformément à une cartographie consignée dans la gestion moteur. La commande cartographique du thermostat permet ensuite de réguler la température du liquide de refroidissement entre 94° et 105°C, en fonction de la charge du moteur, de manière à adapter et optimiser les caractéristiques de frottement en fonction de la charge.



Refroidissement de l’air de suralimentation

Le module de suralimentation comprend un échangeur air-air par banc de cylindres. Ces échangeurs sont traversés par le liquide de refroidissement et sont reliés en parallèle au circuit de refroidissement de l'air de suralimentation.

A Module de suralimentation B Échangeur air-air droit C Échangeur air-air gauche
D Purgeurs E Jeu de joints pour échangeur air-air

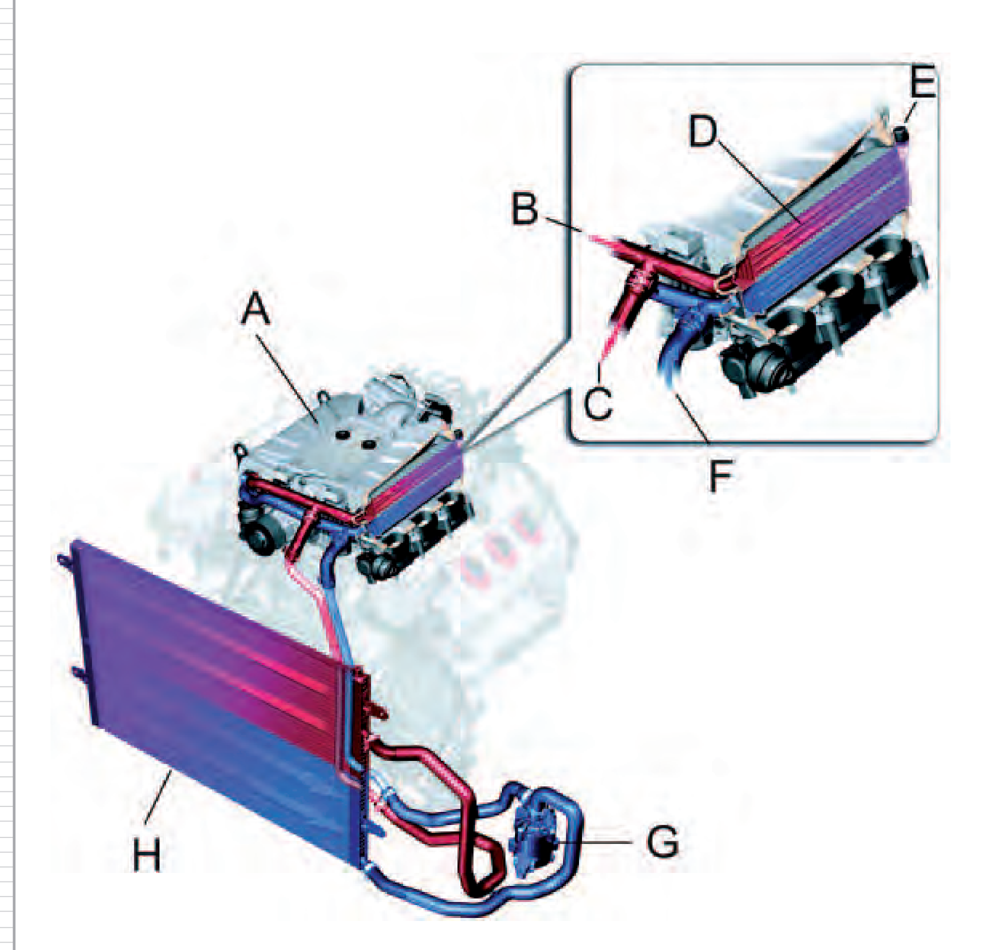




Les échangeurs air-air doivent être déposés et reposés avec le plus grand soin. Respectez pour ce faire les consignes du Manuel de réparation.

Circuit de refroidissement de l'air de suralimentation

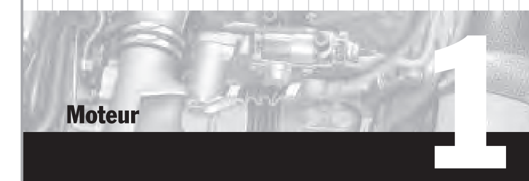
Le circuit de refroidissement de l'air de suralimentation est un circuit basse température indépendant assurant également le refroidissement de l'électronique de puissance du système hybride. Il fonctionne indépendamment du circuit de refroidissement principal. Cependant, les deux circuits sont connectés et utilisent le même vase d'expansion. La température au sein du circuit de refroidissement de l'air de suralimentation est inférieure à celle du circuit principal.



A Module de suralimentation
B Retour de liquide de refroidissement provenant de l'échangeur air-air droit
C Retour de liquide de froidissement
D Échangeur air-air gauche
E Purgeur
F Départ de liquide de refroidissement
G Pompe pour refroidissement de l'air
H Radiateur pour refroidissement

Pompe pour refroidissement de l'air

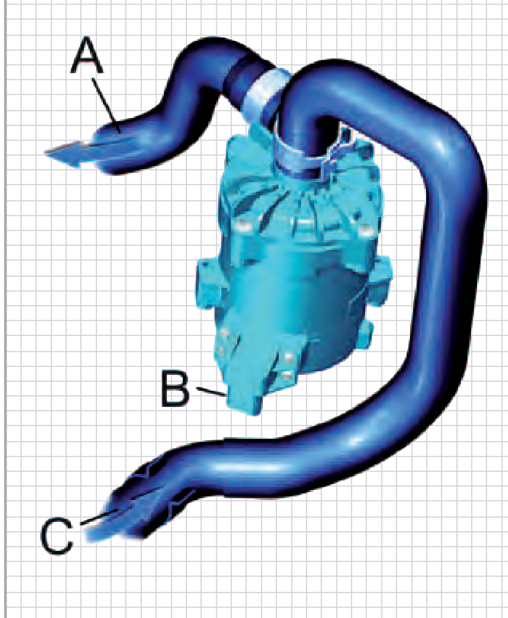
La pompe utilisée pour le refroidissement de l'air est une pompe à liquide de refroidissement électrique. Elle amène le liquide de refroidissement réchauffé provenant des échangeurs air-air du module de suralimentation jusqu'au radiateur basse température. Ce dernier se trouve dans l'ensemble de radiateur situé dans le compartiment moteur du véhicule (devant le radiateur principal vu dans la direction de déplacement). La pompe est montée à proximité du radiateur d'huile, à l'avant



gauche du compartiment moteur. La structure de la pompe correspond à celle d'une pompe centrifuge.

Une pompe centrifuge n'est pas autoaspirante. C'est pourquoi elle ne doit pas fonctionner à sec. Le palier de pompe pourrait alors surchauffer. Le module de pompe intègre les sous-ensembles suivants :

- Pompe centrifuge
- Moteur électrique
- Commande électronique



A Raccord de refoulement
B Connecteur électrique
C Raccord d'aspiration

Fonctionnement de la commande de la pompe

La pompe est activée en fonction de la température en aval de l'échangeur air-air issue d'une cartographie dans le calculateur moteur et de la pression en aval de l'échangeur air-air. Elle se met systématiquement en marche à partir de 1 300 mbars ou d'une température du liquide de refroidissement de 50°C. Le calculateur moteur active la pompe au moyen d'un signal MLI. À partir de ce signal, l'électronique de la pompe calcule le régime de pompe voulu et active le moteur électrique. Si la pompe est en bon état, l'électronique de pompe transmet le régime actuel de la pompe au calculateur moteur. Ce processus s'exécute cycliquement tout au long du fonctionnement de la pompe.

Répercussions en cas de défaillance

Si l'électronique de pompe détecte un défaut, le signal MLI est modifié. Le signal modifié est analysé par le calculateur moteur. La réaction est différente selon le type de défaut. Lorsqu'un défaut est détecté, il est enregistré dans la mémoire de défauts du calculateur moteur. Comme, en cas de panne, la baisse de puissance n'est sensible qu'à pleine charge et que la qualité des gaz d'échappement ne se dégrade pas, aucun voyant de contrôle ne s'allume. Aucune réaction n'est déclenchée en substitution dans le calculateur moteur en cas de panne de la pompe. La température de l'air de suralimentation est toutefois surveillée. Si elle est trop élevée, le calculateur moteur réduit la puissance du moteur. Si le câble de signaux vers la pompe est coupé ou comporte un court-circuit au plus, la pompe passe en fonctionnement de secours, en fournissant 100 % de puissance. En cas de court-circuit à la masse sur le câble de signaux, la pompe s'arrête.



Détection des défauts

En cas de défaut, le système tente de protéger la pompe. Pour cela, il réduit le régime de la pompe ou arrête la pompe. Le tableau suivant présente certains défauts et les conséquences possibles :

Type de défaut	Effet
Marche à sec due à un remplissage insuffisant de liquide de efroidissement (régime de pompe trop élevé)	Réduction du régime à 80 % (15 1/min maxi)
Faible remplissage de liquide de refroidissement > 15 min	La pompe est arrêtée
Température excessive	Réduction du régime en deux étapes : à 80 %, puis à 50 %
Température trop basse (liquide de refroidissement trop froid/viscosité trop élevée augmentant la consommation électrique)	Réduction du régime en deux étapes : à 80 %, puis à 50 %
Surtension	Si la tension est > 20 V, la pompe est arrêtée tant qu'il y a surtension
Blocage de la roue à aubes	La pompe est arrêtée. Par des activations fréquentes, on tente de la débloquer
Température de l'électronique de pompe > 160°C	La pompe est arrêtée tant que la température est trop élevée



Pour connaître les instructions exactes de diagnostic de la pompe à liquide de refroidissement, veuillez vous reporter au Manuel de réparation.

Possibilités de diagnostic à l'aide du testeur PIWIS de 2ème génération

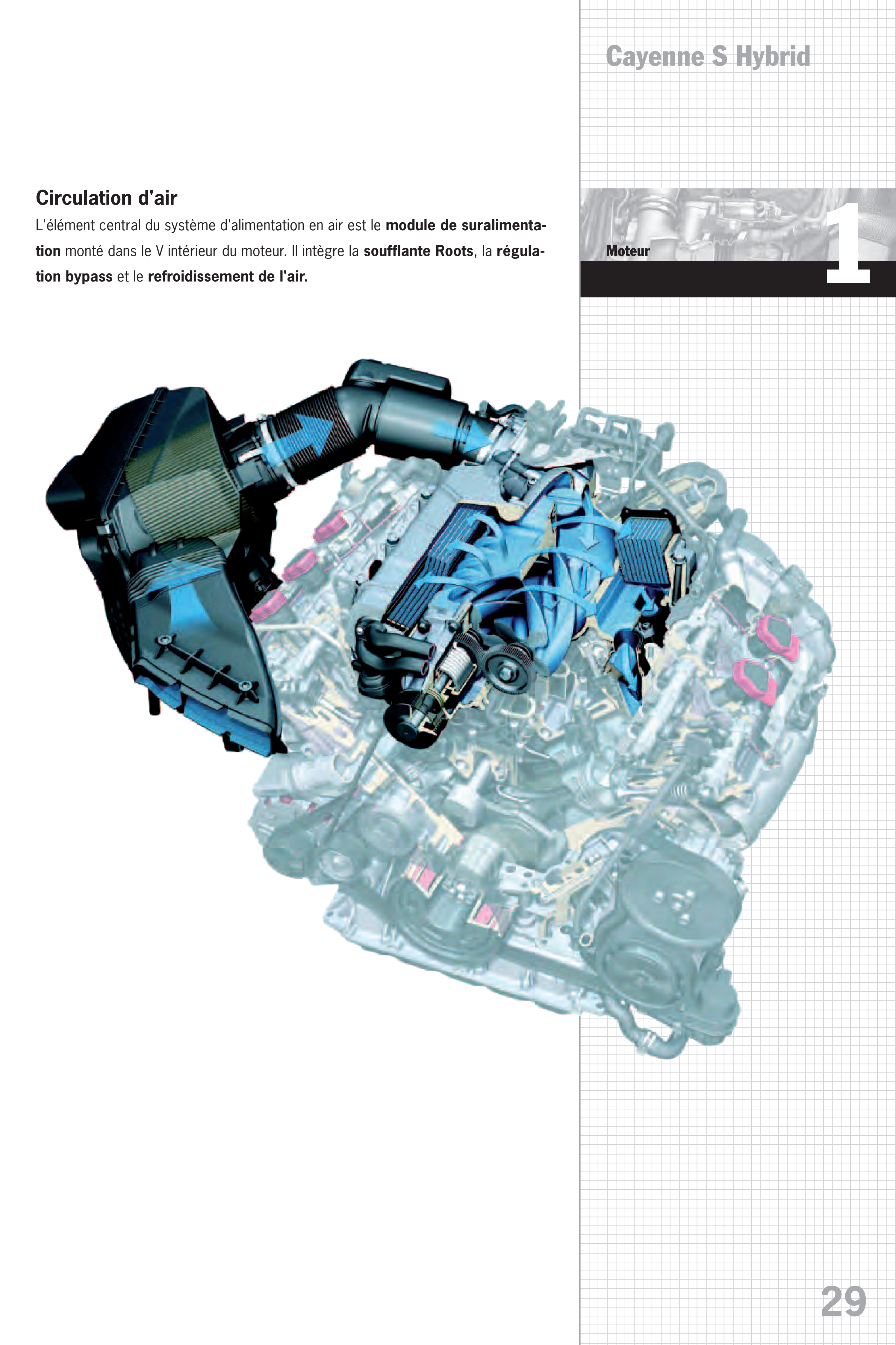
Possibilités de diagnostic existantes :

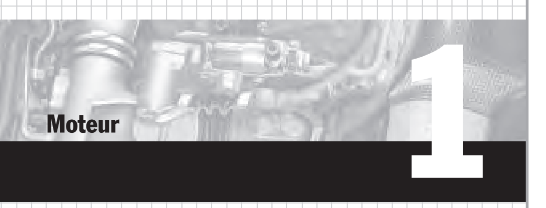
- Lecture de la mémoire de défauts du calculateur moteur
- Recherche guidée des défauts
- Lecture de valeurs réelles
- Test d'actionneur

Lors du test d'actionneur, la pompe adopte différents régimes qui sont ensuite évalués par le calculateur moteur. C'est pourquoi le test d'actionneur ne doit pas être interrompu.

Circulation d'air

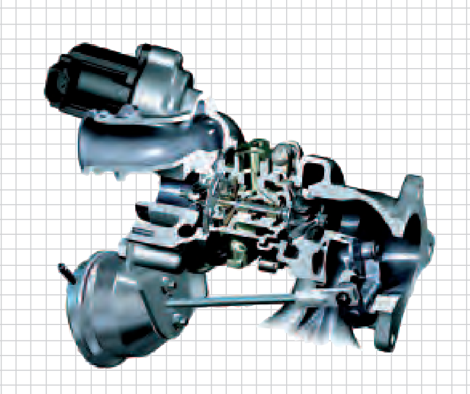
L'élément central du système d'alimentation en air est le **module de suralimentation** monté dans le V intérieur du moteur. Il intègre la **soufflante Roots**, la **régulation bypass** et le **refroidissement de l'air.**





Les critères qui ont été décisifs dans le choix d'un compresseur mécanique sont les suivants :

- Grandes exigences en matière de confort
- Démarrage puissant, large spectre d'utilisation, entre confort et sportivité radicale
- Moteur pouvant être mis en œuvre dans de nombreux modèles de véhicules de par ses caractéristiques
- Respect de toutes les normes antipollution actuelles et à venir prochainement (EURO 5 et ULEV II)

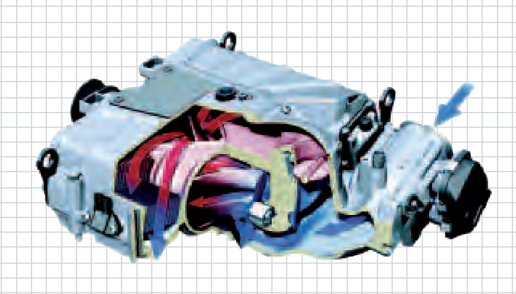


Turbocompresseur

Avantages et inconvénients de la suralimentation mécanique avec soufflante Roots par rapport à une suralimentation par turbocompresseur

Avantages :

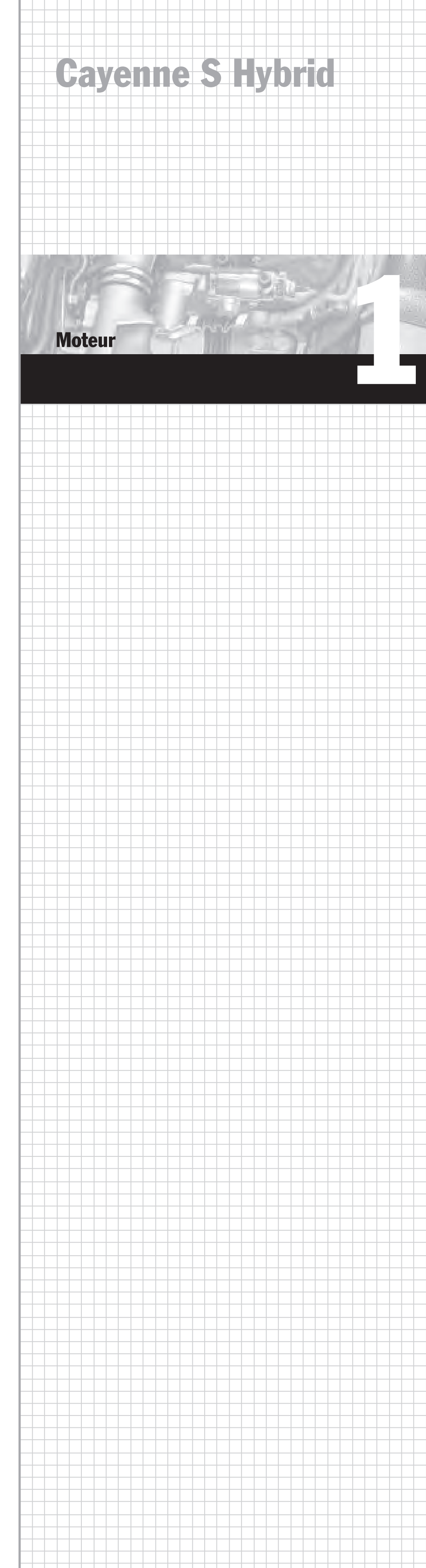
- Pression de suralimentation disponible immédiatement si besoin est
- La pression de suralimentation est fournie en continu et augmente avec le régime
- L'air de suralimentation ne doit pas être refroidi trop intensément
- Grande longévité et fonctionnement nécessitant peu d'entretien
- Compact (peut être monté dans le V intérieur à la place du collecteur d'admission)
- Consommation de carburant idéale
- Établissement rapide, dynamique du couple ; pointe de couple précoce, d'où un bon comportement au démarrage
- Très courts trajets de l'air comprimé jusqu'aux cylindres, ce qui donne un volume d'air très faible, d'où une réactivité spontanée
- Meilleures valeurs d'échappement car le catalyseur atteint sa température de service plus rapidement. Dans un moteur avec suralimentation par turbocompresseur, une partie de l'énergie thermique sert à entraîner le turbocompresseur et est donc perdue



Soufflante Roots

Inconvénients :

- Très compliqué à fabriquer en raison de tolérances très strictes (des rotors par rapport au carter et des rotors entre eux)
- Plus grande sensibilité à la pénétration de corps étrangers dans le circuit d'air pur
- Poids relativement élevé
- Plus grande difficulté d'atténuer les bruits
- L'entraînement de la soufflante nécessite une partie de la puissance moteur, qui est ainsi perdue



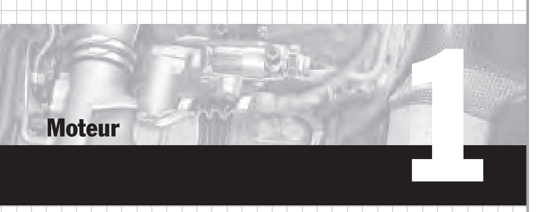
Soufflante Roots

Principe de fonctionnement de la soufflante Roots

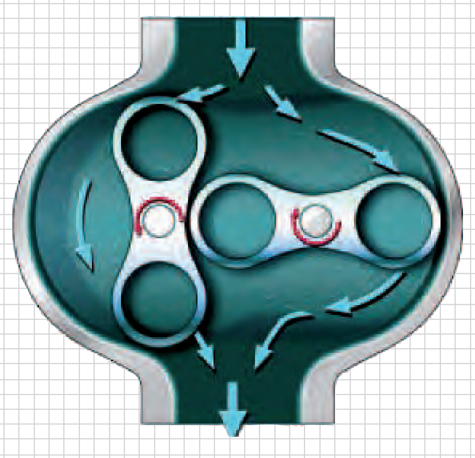
Les soufflantes Roots sont conçues comme des machines à piston rotatif. Elles fonctionnent sans compression interne selon le principe volumétrique. La soufflante se compose d'un carter dans lequel tournent deux arbres (rotors). Les deux rotors sont entraînés mécaniquement, par exemple par le vilebrequin via une courroie. Les deux rotors sont reliés de façon synchrone par un étage d'engrenages situé à l'extérieur du carter et tournent en sens inverse. Ils s'engrènent ainsi l'un dans l'autre.



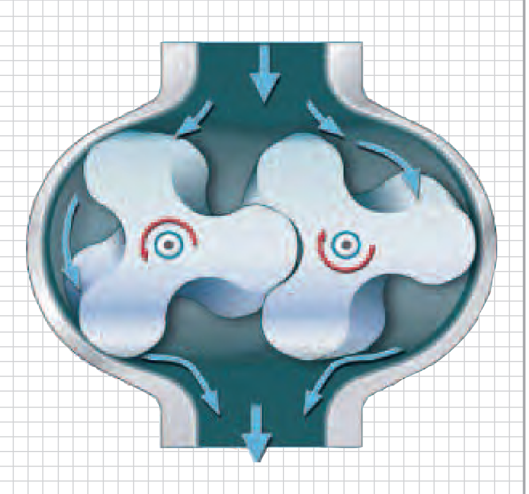
Lors de la conception, il est très important de veiller à ce que les rotors soient bien étanches l'un avec l'autre et avec le carter. Il ne doit y avoir aucun frottement dans la mesure du possible. En service (lorsque les rotors tournent), l'air circule entre les ailettes et la paroi extérieure entre l'arrivée d'air (côté aspiration) et la sortie d'air (côté refoulement). La pression de l'air transporté est générée par le reflux.



Différents types de soufflantes Roots



Les anciennes soufflantes Roots étaient dotées de rotors à deux ailettes.



Les versions modernes utilisées dans le moteur thermique du Cayenne S Hybrid comportent trois ailettes et sont en forme de vis. Cela permet d'obtenir une pression de suralimentation plus élevée et surtout constante (meilleur rendement).

Historique

Le nom du système vient des frères Philander et Francis Roots, qui ont fait breveter le principe en 1860. À l'époque, les soufflantes Roots servaient principalement de générateurs d'air pour les hauts fourneaux, mais trouvaient également leur utilité dans d'autres secteurs de l'industrie. En 1900, Gottlieb Daimler fut le premier constructeur à installer une soufflante Roots dans une voiture. Dans les années 20 et 30, les soufflantes Roots furent utilisées dans le sport automobile. Caractéristique spécifique : ces moteurs se reconnaissaient aisément de par le « grincement » typique du compresseur. Suite au développement de matériaux résistant aux hautes températures, les soufflantes Roots ont été délaissées au profit du turbocompresseur. Désormais, les soufflantes Roots sont surtout utilisées dans les voitures de sport.

Module de suralimentation

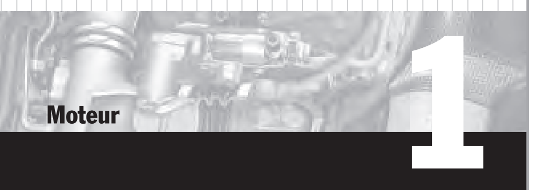
Les soufflantes Roots modernes, telles que celle utilisée sur le Cayenne S Hybrid, sont des compresseurs à vis. Comparé à la génération précédente qui disposait de rotors à trois ailettes, la soufflante Roots mise en œuvre dans le Cayenne S Hybrid est dotée de rotors à quatre ailettes. Chacune des ailettes des deux rotors est vrillée à 160° autour de l'axe longitudinal. L'air circule ainsi de façon continue et avec peu de pulsations. La soufflante Roots mise en œuvre est fabriquée par la société EATON. Cette entreprise dispose de nombreuses années d'expérience dans la fabrication de soufflantes Roots.

Structure

Le module de suralimentation est entièrement intégré dans le V intérieur du moteur. Le moteur est ainsi plat. Le poids total du module s'élève à 18 kg (sans liquide de refroidissement).



1 Rotors
2 Carter
3 Œillet de transport
4 Capteur de pression de suralimentation/ Température de collecteur d'admission
5 Plaquette antibruit
6 Coupleur cache design
7 Adaptateur
8 Unité de papillon
9 Coude de dérivation
10 Adaptateur clapet bypass
11 Unité de clapet bypass
12 Échangeurs air-air
13 Chapeau de palier
14 Roulements à rouleaux avant
15 Engrenages synchrones
16 Élément de découplage
17 Arbre d'entraînement
18 Carter d'entraînement
19 Poulie
20 Paliers arrière des rotors
21 Capteur de pression de suralimentation
22 Sonde de température d'air d'admission



Carter

Le carter monobloc intègre la soufflante Roots, un clapet bypass électrique et un échangeur air-air pour chaque banc de cylindres. Le fond est doté d'orifices de sortie d'air vers les différents cylindres. Les œillets de transport vissés sur le module de suralimentation permettent d'accrocher le moteur lors de la dépose et de la repose.

Partie supérieure du carter de la soufflante Roots

A Plaquette antibruit
B Coupleur pour cache design
C Œillet de transport
D Carter

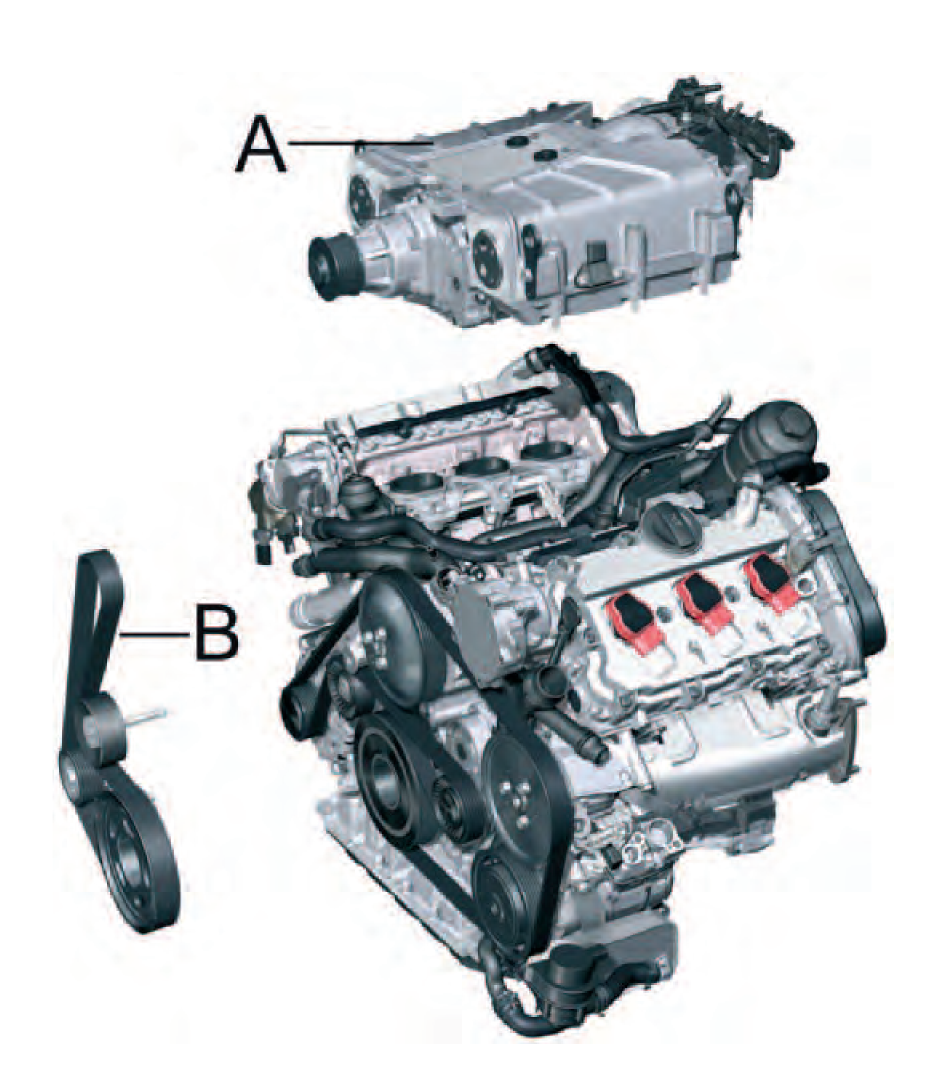
Partie inférieure du carter de la soufflante Roots

A Direction de déplacement
B Sortie d'air
C Échangeur air-air
D Capteur de pression de collecteur d'admission et sonde de temp. air d'admission
E Unité de commande de papillon
F Point de liaison du système de dégazage du carter moteur
G Arbre d'entraînement



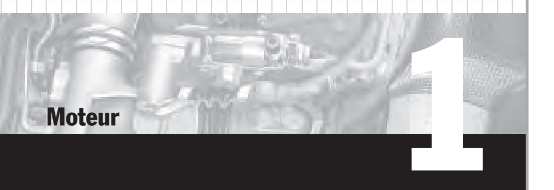
Entraînement

La soufflante Roots est entraînée par le vilebrequin par le biais de la deuxième voie de la poulie. L'entraînement est permanent et n'est pas mis en marche ou arrêté par un embrayage électromagnétique. Les deux commandes sont isolées des vibrations du vilebrequin par un silentbloc situé dans l'amortisseur de vibrations torsionnelles commun. Cela a permis d'améliorer le comportement de résonance à bas régime et à pleine charge. Effet en découlant : la courroie est beaucoup moins sollicitée. Le rapport entre le vilebrequin et le module de suralimentation est de 1:2,5. Cela permet d'avoir un régime maximal de 18 000 1/min.

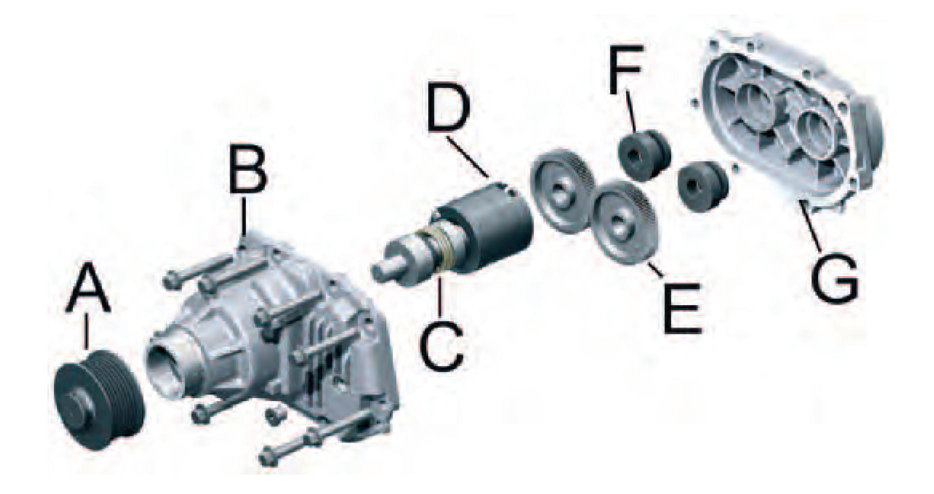


A Module de suralimentation
B Entraînement de la soufflante Roots

La figure montre le moteur thermique sans E-Machine utilisé habituellement (**non hybride**, les accessoires moteur sont supprimés sur le Cayenne S Hybrid).



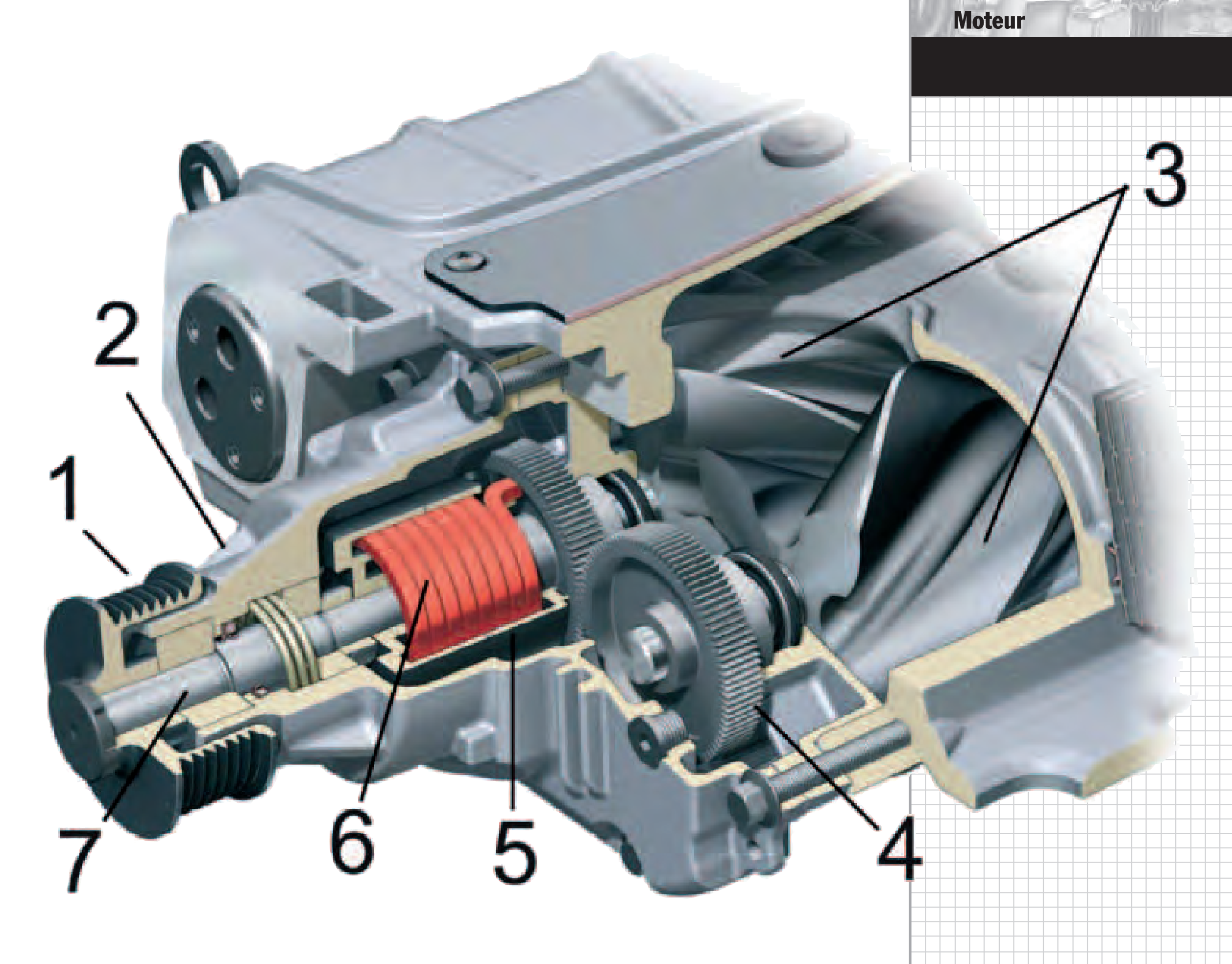
Le couplage de la soufflante Roots s'effectue via l'élément de découplage (SSI Single Spring Isolator). Cet élément de découplage, conçu comme un élément ressort, est intégré dans le carter d'entraînement du module de suralimentation. Il permet d'optimiser le parcours des forces en cas d'alternance de charge. Cela permet d'obtenir un fonctionnement très silencieux (acoustique optimisée) et d'augmenter la durée de vie de la courroie d'entraînement.



A Poulie
B Carter d'entraînement
C Arbre d'entraînement avec fixation
D Élément de découplage (SSI)
E Engrenages synchrones
F Roulements à rouleaux avant
G Chapeau de palier

Fonctionnement

Dans le carter d'entraînement de la soufflante Roots, le ressort de torsion est placé entre une douille d'entrée et une douille de sortie. Le ressort transmet le couple moteur de la poulie à l'étage d'engrenages. Les douilles d'entrée et de sortie délimitent la plage de basculement dans le sens de rotation de la soufflante Roots ainsi que dans le sens inverse. L'élément ressort est suffisamment souple pour assurer un découplage efficace. Cependant, il doit également éviter un battement trop rude en mode dynamique, c'est-à-dire en cas d'alternance de charge, ce qui pourrait occasionner des bruits gênants. Dans un deuxième temps, le second rotor est entraîné par deux engrenages. Cela permet aux deux rotors de tourner de façon parfaitement synchrone en sens inverse. Un très grand nombre de dents permet d'éviter la transmission d'oscillations. Les engrenages sont emmanchés à force sur les arbres des rotors. L'emmanchement est effectué par la fabricant avec des gabarits spéciaux. L'ajustement doit être très précis pour éviter que les ailettes des rotors ne se touchent. C'est pour cela que les engrenages ne doivent pas être retirés des arbres en cas de réparation. La tête motrice est remplie d'une huile spéciale.

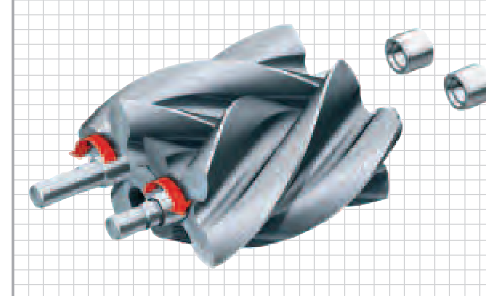


Coupe du module de suralimentation

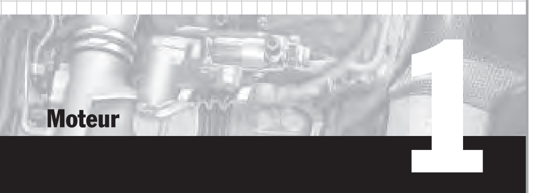
1 Poulie
2 Carter d'entraînement
3 Rotors
4 Engrenages synchrones
5 Douille d'entrée
6 Ressort de torsion
7 Arbre d'entraînement avec fixation

Rotors

Les rotors à quatre ailettes sont vrillés à 160°. Les deux rotors tournent dans des paliers à roulement sans entretien. Afin d'avoir une usure aussi faible que possible lors de la phase de rodage, les rotors sont revêtus d'une couche de graphite. Ce revêtement assure une étanchéité optimale (rotor-rotor et rotor-alésage de rotor) et empêche les fuites d'air.



Rotors avec paliers



Les fonctions du calculateur moteur ainsi que les fonctions associées de régulation de la charge, le système d'injection et ses interactions avec l'alimentation en carburant, le système d'échappement, la détermination de l'angle d'allumage et le diagnostic sont décrits dans le chapitre 2 DME – Électronique du moteur.

Régulation du flux d'air et de la pression de suralimentation

La soufflante Roots est entraînée en permanence. En l'absence de suralimentation, la soufflante Roots génèrerait toujours le débit d'air maximal et donc la pression de suralimentation maximale pour le régime actuel. Mais comme tous les états de fonctionnement ne nécessitent pas d'air de suralimentation, une accumulation d'air trop élevée se produirait du côté refoulement de la soufflante. Cela engendrerait alors une perte de puissance inutile du moteur. C'est pourquoi il est nécessaire de pouvoir réguler la pression de suralimentation. Sur le moteur du Cayenne S Hybrid, la régulation de la pression de suralimentation est effectuée par une unité de commande à clapet. Cette dernière est vissée dans le module de suralimentation et relie le côté refoulement de la soufflante Roots au côté aspiration. L'ouverture du clapet bypass permet de renvoyer une partie de l'air vers le côté aspiration de la soufflante Roots, via le clapet bypass ouvert. Le fonctionnement du clapet bypass est comparable à celui d'une vanne Wastegate sur un moteur avec turbocompresseur.

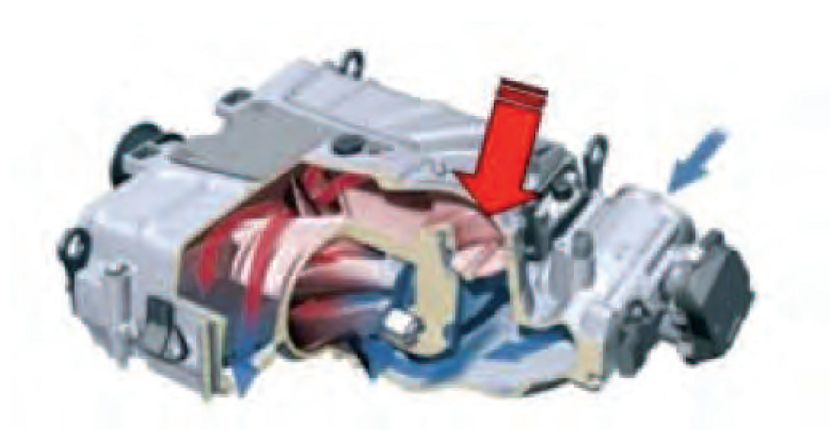
Fonctions de l'unité de commande à clapet :

- Régulation de la pression de suralimentation prescrite par le calculateur moteur
- Limitation de la pression de suralimentation maximale à 1,9 bar (pression absolue)

Fonctionnement

Fonctionnement à pleine charge (clapet bypass fermé)

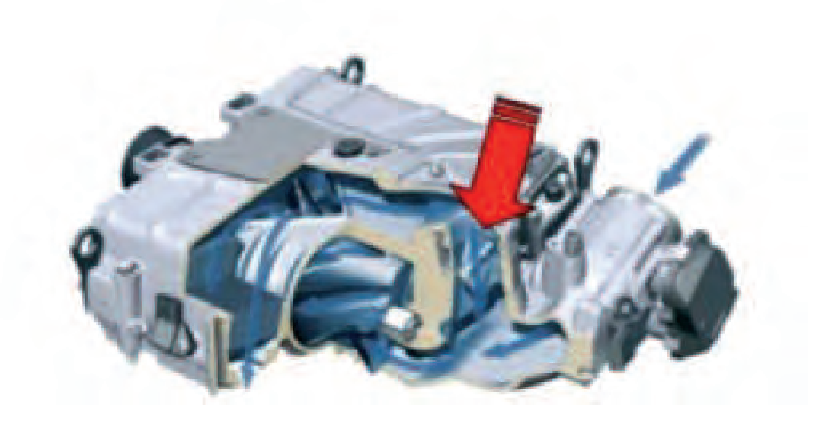
En fonctionnement à pleine charge, l'air traverse le papillon, la soufflante Roots et les échangeurs air-air avant de parvenir au moteur.





Fonctionnement en charge partielle (clapet bypass ouvert)

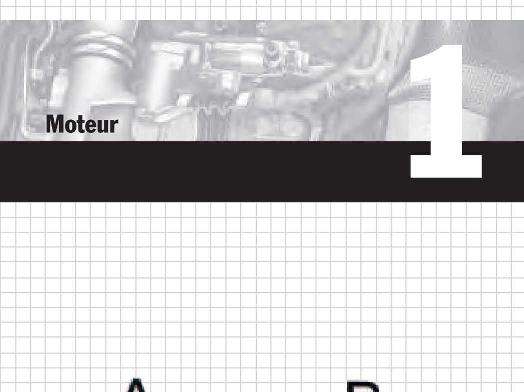
En charge partielle, au ralenti et en décélération, une partie de l'air est renvoyée au côté aspiration via le clapet bypass ouvert.

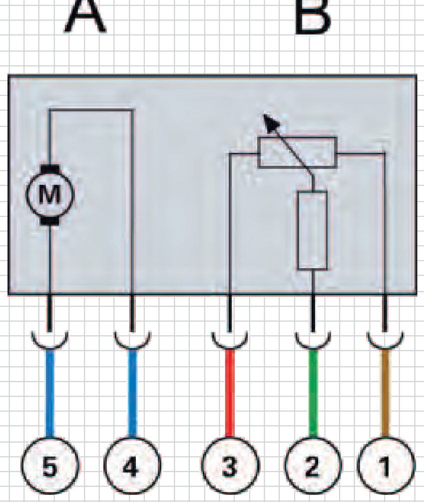


Unité de commande à clapet bypass

L'unité de commande à clapet permet d'éviter d'avoir à arrêter la commande par courroie au moyen d'un embrayage électromagnétique, ce qui s'avère être complexe et coûteux. La puissance absorbée par le module de suralimentation est comprise entre 1,5 et 38 kW suivant le régime moteur.







Aspect du signal du potentiomètre pour le clapet bypass

A Servomoteur clapet bypass

B Potentiomètre clapet bypass

① Masse capteur

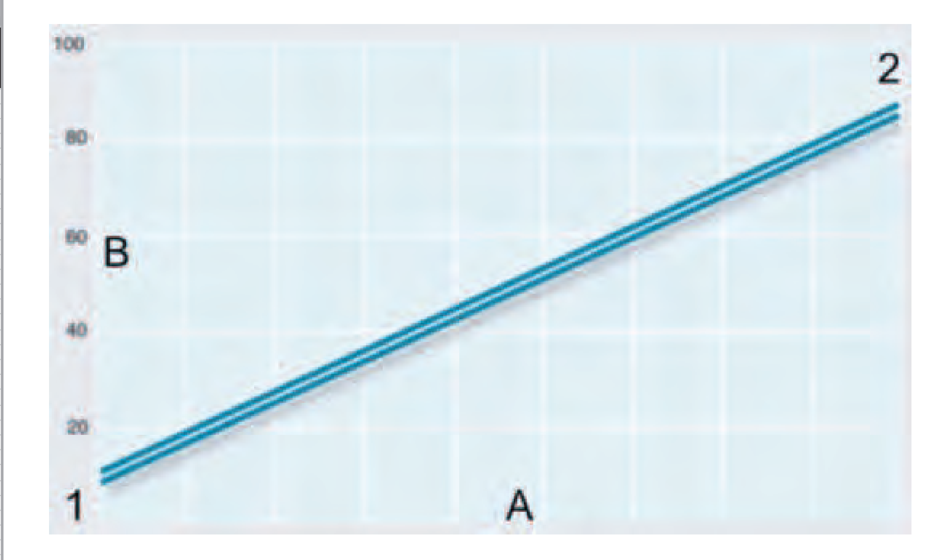
② Signal de commande

③ Tension capteur

④ Tension d'alimentation moteur de clapet bypass

⑤ Masse moteur de clapet bypass

Aspect du signal du potentiomètre pour le clapet bypass



1 Butée mécanique inférieure

2 Butée mécanique supérieure

A Course du capteur

B Signal du capteur en %

Potentiomètre de clapet bypass

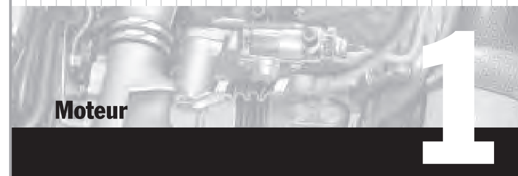
Ce composant détecte la position actuelle du clapet bypass. Il se trouve dans le couvercle du boîtier de l'actuateur. Sa plage de tension de sortie est comprise entre 0,5 et 4,5 V. Le potentiomètre fonctionne selon le principe de mesure magnétorésistif. Il est donc insensible au rayonnement électromagnétique.

Utilisation du signal

Le signal indiquant la position du clapet bypass est utilisé pour déterminer la grandeur de régulation. Il sert également à calculer les valeurs d'adaptation de l'unité à clapet bypass.

Répercussions en cas de défaillance du signal

Le clapet est mis hors tension et se place en butée ouverte sous l'action du ressort. La défaillance est irréversible pour le cycle de conduite en cours. Dans ce cas, la pression de suralimentation n'est pas générée. Le moteur ne dispose pas de la pleine puissance, ni du couple maximal. Ce composant relève de l'OBD. En cas de défaillance, le témoin Check Engine (MIL) s'allume donc.



Capteurs mesurant la masse d'air et la pression de suralimentation

La régulation de charge du moteur utilise les valeurs principales

- masse d'air et
- pression de suralimentation.

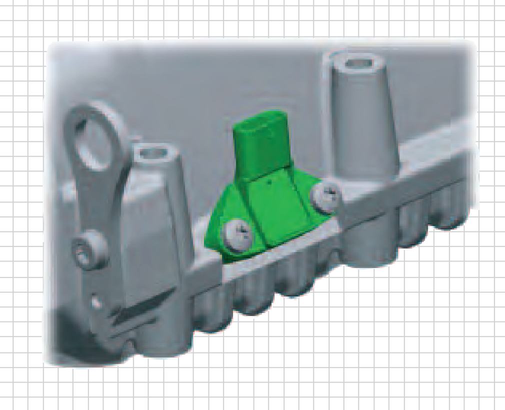
Trois capteurs absolument identiques du point de vue de la fonctionnalité sont installés à cet effet. Ils mesurent la température de l'air d'admission et la pression des collecteurs d'admission. Le premier capteur se situe en amont de l'unité de commande du papillon. Il s'agit d'un capteur double, c'est-à-dire que le boîtier contient deux capteurs individuels :

- Sonde de température d'air d'admission
- Capteur de pression de collecteur d'admission

Les deux autres capteurs du même type sont montés à gauche et à droite dans le module de suralimentation. Ils mesurent la pression et la température de l'air de chaque banc de cylindres. Il est ici important que le point de mesure se trouve en aval des échangeurs air-air. En effet, ce n'est qu'ainsi que les valeurs mesurées correspondent réellement à la masse d'air effective des bancs de cylindres.

Capteurs concernés :

- Capteur de pression de suralimentation - banc de cylindres 1
- Sonde de température de collecteur d'admission - banc de cylindres 1
- Capteur de pression de suralimentation - banc de cylindres 2
- Sonde de température de collecteur d'admission - banc de cylindres 2

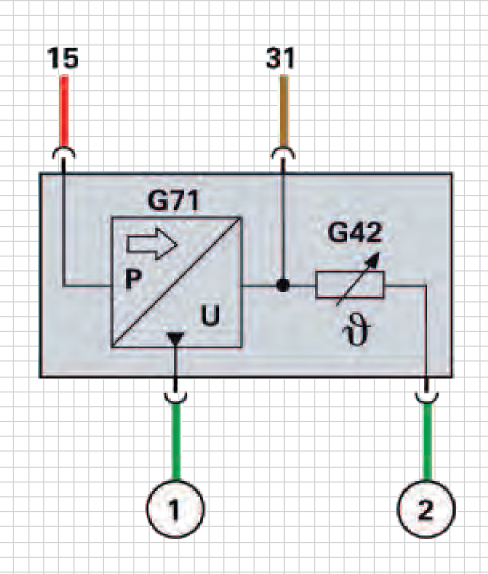


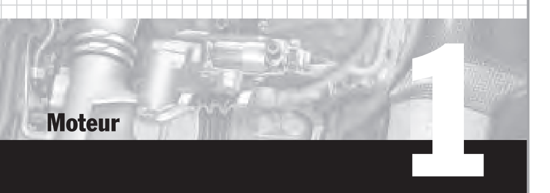
Circuit

La sonde de température d'air d'admission est une sonde à coefficient thermique négatif (NTC). En fonction de sa température, la résistance varie, ce qui influe sur le signal de tension envoyé au calculateur moteur.

Légende :

G42 Sonde de température d'air d'admission
G71 Capteur de pression de collecteur d'admission
15 Borne 15
31 Borne 31
① Signal de tension pression de collecteur d'admission
② Signal de résistance température de l'air d'admission





Utilisation du signal

Le signal du capteur de pression de collecteur d'admission situé en amont de l'unité de commande du papillon permet de calculer la position théorique du clapet bypass. Ceci est nécessaire pour obtenir la pression de suralimentation souhaitée. Cette position théorique du clapet bypass dépend fortement du niveau de pression en amont du module de suralimentation.
Les deux capteurs de pression de suralimentation servent d'une part à réguler la pression de suralimentation pour qu'elle soit à la valeur nominale. D'autre part, leur signal de sortie permet de calculer la masse d'air à chaque cycle. Cette masse d'air est une grandeur d'entrée importante pour la gestion moteur basée sur le couple qui détermine le débit d'injection, le point d'injection et l'angle d'allumage.

Répercussions en cas de défaillance du signal

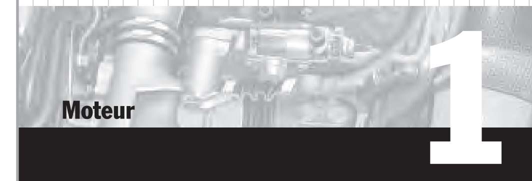
En cas de défaillance, le témoin Check Engine (MIL) est activé. Si le capteur de pression de collecteur d'admission est défaillant, la régulation de la pression de suralimentation devient irrégulière. Des défaillances du capteur de pression de suralimentation peuvent conduire à une mauvaise composition de mélange sur toute la plage de régime, la masse d'air calculée étant erronée. Cela conduit également à un mauvais débit d'injection. Non seulement la qualité des gaz d'échappement est alors moins bonne, mais cela a également un impact sur le développement de puissance. En charge, une défaillance de ces capteurs pourrait conduire à de mauvaises pressions de suralimentation, ce qui pourrait détruire le moteur. C'est pourquoi le système effectue un diagnostic de tous les capteurs dès que le contact est mis. Si un défaut est constaté, il est enregistré dans la mémoire de défauts. Le système fait alors appel à un capteur « équivalent » ou au modèle de remplacement. Ainsi, du point de vue du conducteur, le système se comporte quasiment comme à l'état de fonctionnement normal et tout dommage consécutif est évité.



Les fonctions du calculateur moteur ainsi que les fonctions associées de régulation de la charge, le système d'injection et ses interactions avec l'alimentation en carburant, le système d'échappement, la détermination de l'angle d'allumage et le diagnostic sont décrits dans le chapitre 2 DME – Électronique du moteur.

Régulation de la charge

L'unité de commande à clapet bypass fonctionne conjointement à l'unité de commande du papillon des gaz. Lors du développement de cette régulation, l'accent a été mis sur un fonctionnement le moins restrictif possible et un grand développement de puissance. Dans la plage charge partielle/admission, le clapet bypass est ouvert sans limitation. Le papillon du moteur assure la régulation de la charge. Dans la plage de pression de suralimentation, c'est le clapet bypass qui assure la régulation de la charge ; le papillon du moteur est entièrement ouvert.

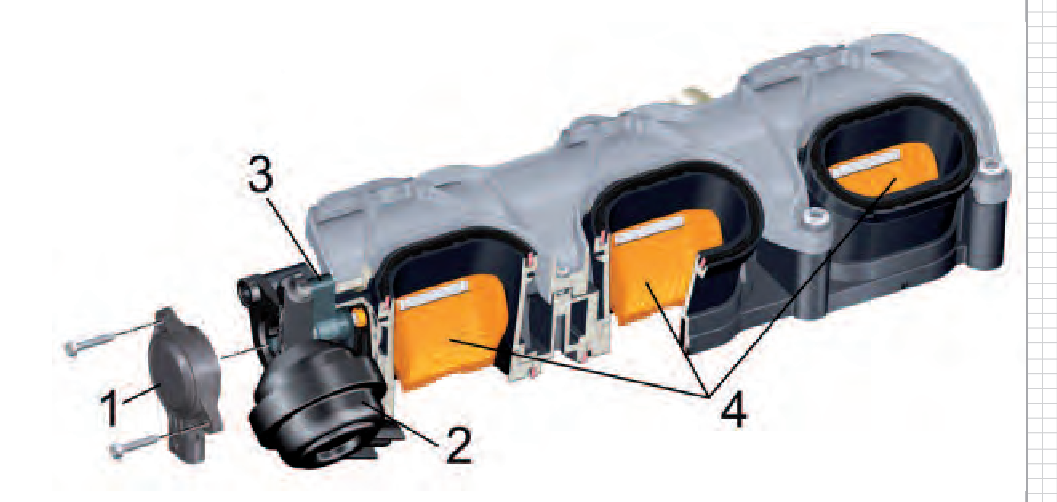


Volets du collecteur d'admission

Pour une meilleure formation interne du mélange, le moteur du Cayenne S Hybrid met en œuvre des volets de collecteur d'admission. Ils se trouvent dans un flasque intermédiaire situé entre le module de suralimentation et la culasse.



Avant de monter le flasque intermédiaire, il faut placer les volets de collecteur d'admission en position puissance (conduit d'admission ouvert).

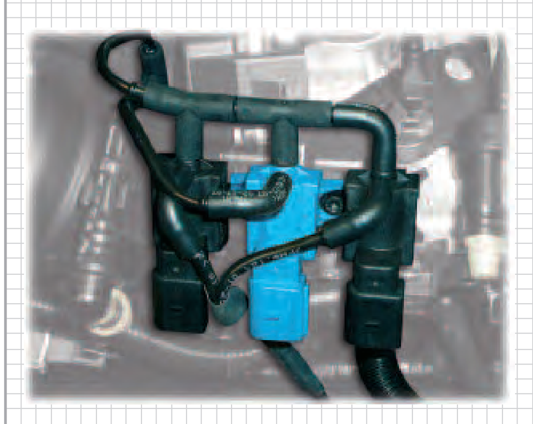


Module de volets de collecteur d'admission – banc de cylindres gauche

1 Potentiomètre volet de collecteur d'admission
2 Capsule à dépression
3 Commande de l'arbre des volets de collecteur d'admission
4 Volets de collecteur d'admission

Clapet de volet collecteur d'admission

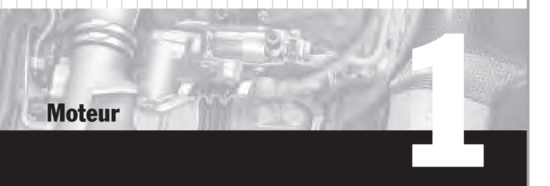
Les volets de collecteur d'admission, qui sont fixés sur un arbre commun, sont actionnés au moyen d'une capsule à dépression. La dépression requise à cet effet est fournie via le clapet de volet collecteur d'admission. Pour ce faire, le calculateur moteur active le clapet de volet collecteur d'admission en fonction de la cartographie.



Clapet de volet collecteur d'admission

Répercussions en cas de défaillance

Si le clapet de volet collecteur d'admission n'est pas activé ou est défectueux, il n'y a pas de dépression. Dans ce cas, les volets de collecteur d'admission obturent le conduit de puissance dans la culasse sous l'effet du mécanisme à ressort de la capsule à dépression. La puissance moteur s'en trouve réduite.

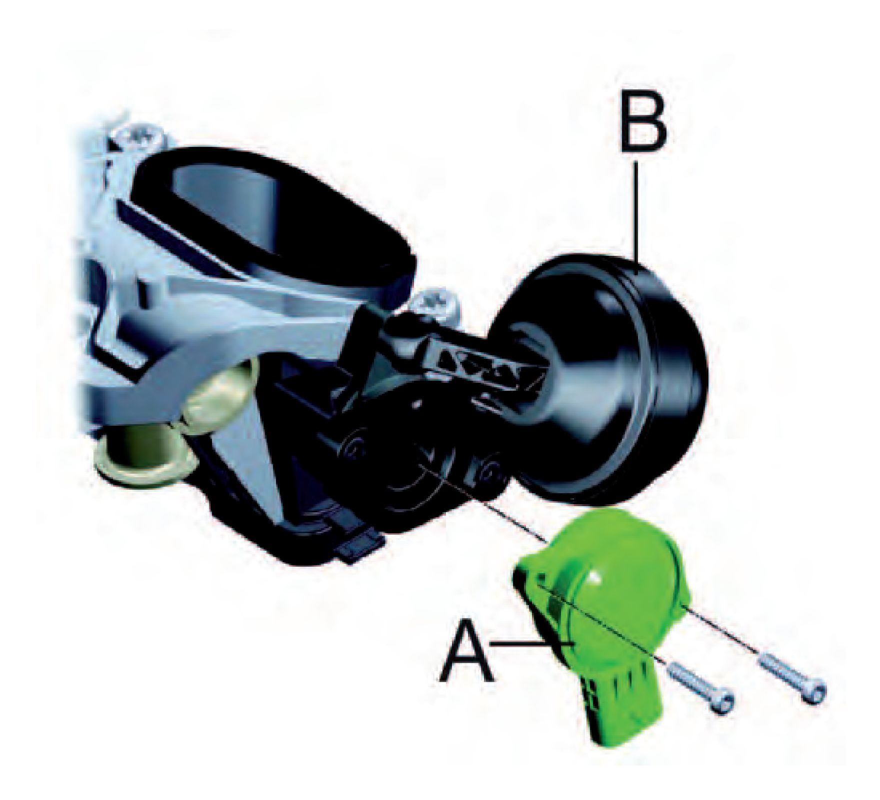


Potentiomètre volets collecteur d'admission

La position des volets collecteur d'admission est contrôlée par deux capteurs :

- Banc de cylindres 1 : potentiomètre du volet de collecteur d'admission 1
- Banc de cylindres 2 : potentiomètre du volet collecteur d'admission 2

Les capteurs sont intégrés dans le flasque de la capsule à dépression. Il s'agit de capteurs d'angle sans contact fonctionnant selon le principe des capteurs à effet Hall. Un signal de tension est généré dans l'électronique des capteurs, puis est analysé par le calculateur moteur.



Potentiomètre de commande des volets collecteur d'admission

A Potentiomètre

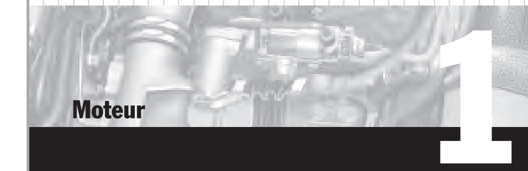
B Capsule à dépression

Utilisation du signal

Le signal permet de surveiller la position et est utilisé à des fins de diagnostic.

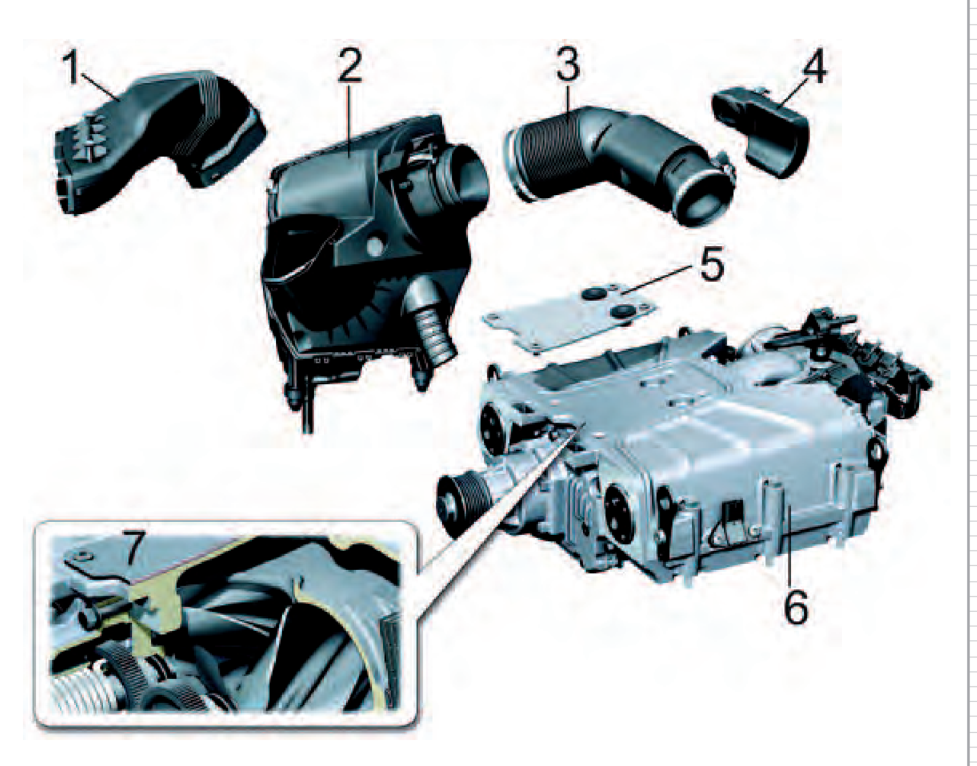
Répercussions en cas de défaillance du signal

La position n'est plus détectée correctement. Le diagnostic n'est plus possible. Ce composant relève de l'OBD. En cas de défaillance, le témoin Check Engine (MIL) s’allume donc.



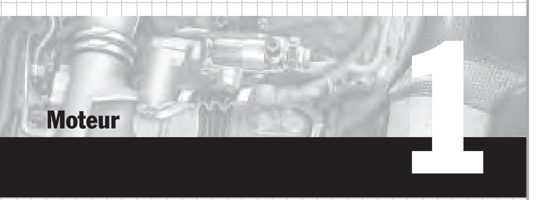
Insonorisation de la soufflante Roots

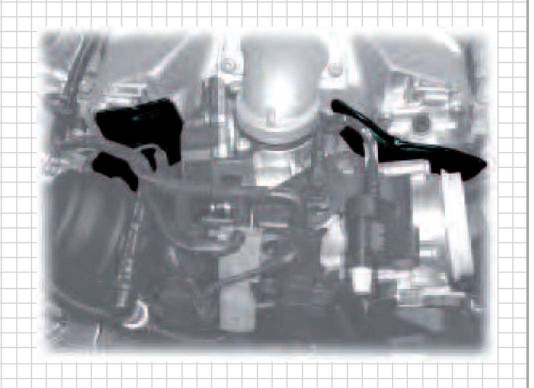
Lors du développement du moteur, on a également souhaité réduire la nuisance sonore de la soufflante Roots. Cet objectif a été atteint en modifiant la conception du carter. Une plaquette antibruit multicouche a ainsi été apposée sur l'orifice de sortie des gaz de la soufflante Roots. En outre, des mesures effectuées dans la zone d'aspiration permettent de réduire encore le bruit (voir figure). Des mesures d'insonorisation supplémentaires ont été mises en œuvre avec des panneaux en matériau insonorisant posés autour et sous le module de suralimentation.

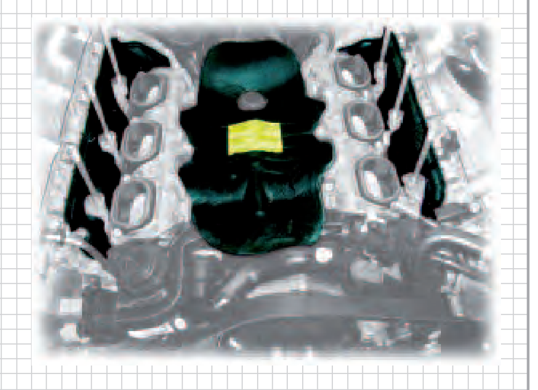


Module de suralimentation avec mesures d'insonorisation

1 Entrée d'air brut
2 Filtre à air avec panneau en mousse
3 Aspiration d'air pur avec amortisseur à large bande
4 Résonateur Helmholtz
5 Plaquette antibruit multicouche
6 Module de suralimentation
7 Orifice de sortie d'air







Panneaux en matériau insonorisant

Plusieurs panneaux en matériau insonorisant ont été insérés entre le module de suralimentation et la culasse et/ou le bloc-cylindres. Ils atténuent les bruits de la soufflante Roots émis vers le bas. Deux petites garnitures insonorisantes sont installées au dos du module de suralimentation.

D'autres panneaux en matériau insonorisant se trouvent sous le module de suralimentation, dans le V intérieur du moteur. Alors qu'un panneau plus épais est placé entre les deux collecteurs d'admission, deux panneaux plus minces ont été insérés sur les côtés, entre les collecteurs d'admission et les culasses.